



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL  
BARRIO ROSARIO MURILLO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MATEARE  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Inés Cristina Barberena Méndez

Br. Gerardo de Jesús Ortega Gómez

**Tutor**

Ing. Noé Hernández Durán

Managua, Noviembre 2018

## ÍNDICE

<b>I. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
<b>II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÀREA DEL PROYECTO</b>	<b>6</b>
2.1 Ubicación del Proyecto	6
2.1.1 Macro localización	6
2.1.2 Micro localización	14
2.2 Servicios básicos, Requerimientos y Población	15
2.2.1 Vivienda y Población	15
2.2.2 Adquisición de Vivienda	15
2.2.3 Saneamiento de las Viviendas	16
2.2.4 Educación	16
2.2.5 Cultura	17
2.2.6 Salud	17
2.2.7 Energía Eléctrica	17
2.2.8 Actividad Económica	17
2.2.9 Transporte y Acceso	17
<b>III. MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
3.1 Estudio Socioeconómico	18
3.2 Levantamiento Topográfico	18
3.3 Población a Servir	18
3.4 Dotaciones de Agua	19
3.5 Determinación de las Variaciones de Consumo	19
3.6 Análisis de la Red en el Software Epanet	19
3.7 Costo y Presupuesto de la Obra	20
3.8 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	20
3.8.1 Clasificación	21
3.8.2 Componentes	22

<b>3.9</b>	<b>Parámetros de Diseño el diseño de redes de distribución de agua para consumo humano.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Proyección de Población.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Período de Diseño: .....</b>	<b>27</b>
<b>3.9.3</b>	<b>Velocidades Permisibles en la Tubería .....</b>	<b>27</b>
<b>3.9.4</b>	<b>Presiones Mínimas y Máximas .....</b>	<b>28</b>
<b>3.9.5</b>	<b>Diámetro Mínimo.....</b>	<b>28</b>
<b>3.9.6</b>	<b>Cobertura sobre Tuberías .....</b>	<b>28</b>
<b>3.9.7</b>	<b>Resistencia de las Tuberías .....</b>	<b>29</b>
<b>3.9.8</b>	<b>Pérdidas en el Sistema.....</b>	<b>29</b>
<b>3.9.9</b>	<b>Pérdidas de Energía .....</b>	<b>29</b>
<b>3.9.10</b>	<b>Condiciones de trabajo u operación crítica de la red de distribución .....</b>	<b>29</b>
<b>3.9.11</b>	<b>Accesorios y obras complementarias de la red de distribución .....</b>	<b>30</b>
<b>IV.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Estudio Socioeconómico.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Levantamiento Topográfico General .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Proyección de la Población .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Método de Saturación .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Periodo de Diseño .....</b>	<b>35</b>
<b>4.5</b>	<b>Proyección de Consumo .....</b>	<b>35</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Dotaciones de agua .....</b>	<b>35</b>
<b>4.6</b>	<b>Variaciones de Consumo.....</b>	<b>36</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Consumo Promedio Diario.....</b>	<b>36</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Consumo Máximo Día .....</b>	<b>37</b>
<b>4.6.3</b>	<b>Consumo Máximo Hora.....</b>	<b>37</b>
<b>4.7</b>	<b>Fuente de Abastecimiento .....</b>	<b>37</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Pozos.....</b>	<b>37</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Rejilla.....</b>	<b>39</b>
<b>4.8</b>	<b>Provisión de Empaque de Grava.....</b>	<b>39</b>
<b>4.9</b>	<b>Sello Sanitario .....</b>	<b>39</b>
<b>4.10</b>	<b>Tubos Piezómetro .....</b>	<b>39</b>
<b>4.11</b>	<b>Tubo de Engrape .....</b>	<b>39</b>
<b>4.12</b>	<b>Desarrollo por Compresorado .....</b>	<b>40</b>

4.13	Pruebas de Bombeo.....	40
4.14	Estación de Bombeo.....	40
4.14.1	Fundaciones de equipo de Bombeo.....	41
4.15	Equipo de Bombeo.....	41
4.15.1	Bombas Verticales.....	41
4.16	Línea de Conducción.....	42
4.16.1	Línea de Conducción por Bombeo.....	42
4.17	Golpe de Ariete.....	42
4.18	Celeridad.....	43
4.19	Sobrepresión.....	43
4.20	Selección de la clase de tubería.....	44
4.21	Diámetro Económico.....	45
4.22	Válvulas y Anclajes.....	45
4.22.1	Válvula de Aire.....	45
4.22.2	Válvula de Limpieza.....	46
4.22.3	Válvula de Pase.....	46
4.22.4	Válvulas de compuertas.....	46
4.22.5	Anclaje.....	46
4.23	Tanque de Almacenamiento.....	47
4.23.1	Volumen de Compensador.....	47
4.23.2	Volumen de Reserva.....	47
4.23.3	Volumen para Eventualidades y/o Emergencia.....	47
4.24	Capacidad Mínima.....	47
4.25	Localización.....	48
4.26	Tratamiento.....	48
4.27	Cloración.....	49
4.28	Volumen Dosificador.....	49
V.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
5.1	Conceptualización del Proyecto.....	52
5.2	Proyección de población.....	52
5.3	Dotaciones de agua para consumo domestico.....	53
5.4	Factores de máximas demandas.....	54
5.4.1	Consumo Promedio Diario.....	54

5.4.2	Otros Consumos .....	54
5.4.3	Pérdidas en el Sistema.....	54
5.4.4	Caudal Máximo Día .....	55
5.4.5	Caudal Máximo Hora .....	55
5.5	Configuración del Sistema Propuesto .....	55
5.5.1	Fuente de abastecimiento .....	56
5.5.2	Obras de Captación .....	56
5.5.3	Configuración de la línea de Conducción .....	56
5.6	Calculo del Diámetro.....	56
5.6.1	Calculo del diámetro económico en la Línea de Conducción .....	57
5.7	Calculo de la Velocidad .....	57
5.8	Carga Total Dinámica.....	57
5.8.1	Desnivel Topográfico .....	58
5.8.2	Carga Estática.....	58
5.8.3	Longitud de Columna de Bombeo.....	58
5.8.4	Pérdidas en la Columna de Bombeo .....	59
5.8.5	Pérdidas en la Línea de Conducción.....	59
5.8.6	Pérdidas por accesorios .....	59
5.8.7	Carga Total Dinámica .....	59
5.9	Calculo de la Celeridad .....	60
5.10	Calculo del Golpe de Ariete .....	60
5.11	Calculo de Sobrepresión de trabajo .....	61
5.12	Resistencia de la Tubería .....	61
5.13	Equipo de Bombeo.....	61
5.13.1	Caudal de Bombeo .....	62
5.13.2	Potencia Hidraulica .....	62
5.13.3	Potencia Real de la Bomba .....	62
5.13.4	Potencia del Motor.....	63
5.14	Tratamiento.....	63
5.15	Almacenamientos.....	63
5.15.1	Volumen del Compensador.....	63
5.15.2	Volumen de Reserva.....	64
5.15.3	Volumen de Incendios.....	64

<b>5.15.4</b>	<b>Volumen de Almacenamiento .....</b>	<b>64</b>
<b>5.16</b>	<b>Diseño Hidráulico de la Red .....</b>	<b>65</b>
<b>5.17</b>	<b>COSTO Y PRESUPUESTO DE LA OBRA .....</b>	<b>67</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>i</b>
<b>Imagen 2:</b>	<b>Diseño del pozo .....</b>	<b>i</b>
<b>Imagen 3:</b>	<b>Certificado de Calidad del Agua .....</b>	<b>ii</b>
<b>Imagen 4:</b>	<b>Certificado de Calidad del Agua .....</b>	<b>iii</b>
<b>Imagen 5:</b>	<b>Curva Característica de la Bomba .....</b>	<b>iv</b>
<b>Tabla 10:</b>	<b>Distribución de gastos o consumo concentrados La distribución nodal de los consumos calculados Demanda Nodales .....</b>	<b>v</b>
<b>Figura 8:</b>	<b>Consumo Máximo Día .....</b>	<b>vi</b>
<b>Tabla 11:</b>	<b>Consumo Maximo Dia .....</b>	<b>vii</b>
<b>Figura 9:</b>	<b>Consumo Máximo Hora .....</b>	<b>ix</b>
<b>Tabla 12:</b>	<b>Consumo Maximo Hora .....</b>	<b>x</b>
<b>Figura 10:</b>	<b>Consumo Cero .....</b>	<b>xii</b>
<b>Tabla 13:</b>	<b>Consumo Cero .....</b>	<b>xiii</b>

## **DEDICATORIA.**

Dedico principalmente este trabajo a Dios, ya que El me permitió culminar con éxito este paso importante de mi vida.

A mis padres Edgar Antonio Barberena y Leticia Gertrudis Méndez Morales, quienes durante todo este tiempo han sido el pilar fundamental de mi vida, gracias padres por su amor, sacrificio y apoyo, a mi hermana Yessenia del Carmen Barberena Méndez que me ha dado su ejemplo como profesional, a mi hermano Edgar Antonio Barberena Méndez por brindarme su apoyo.

A mi esposo Gerardo de Jesus Ortega Gomez por estar conmigo durante esta etapa de culminación de estudio.

Ines Cristina Barberena Méndez.

## **DEDICATORIA**

Dedico inicialmente a Dios este trabajo, por permitir que se abrieran oportunidades que encaminaran la realización y finalización de esta monografía, por darme la oportunidad de alcanzar con éxito esta etapa en mi vida.

A mis padres Janeth Argentina Gómez y Julio Cesar Ortega Membreño, a mi abuelita y tía quienes con amor, sacrificio y apoyo, han acompañado y animado cada una de las aspiraciones de vida que he anhelado, a mis hermanos para que este éxito alcanzado sea una motivación para continuar adelante en sus proyectos.

Especialmente a mi esposa Inés Cristina Barberena Méndez por compartir conmigo el deseo de superación y el anhelo de una vida mejor.

Gerardo de Jesus Ortega Gomez



## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se muestra el diseño a desarrollar con el propósito de abastecer de agua potable al Barrio Rosario Murillo, ubicado en el municipio de Mateare, del departamento de Managua, para los cuales se emplearán diversos conocimientos relativos a la ingeniería civil.

De acuerdo a la información brindada por el SILAIS (Sistema Local de Atención Integral en Salud), la caracterización de la comunidad es la siguiente: el total de viviendas es de 1088, la población censada de la comunidad corresponde a 852 habitantes

Entre las necesidades básicas más sentidas, se destacan la escasez de agua, para el consumo humano, por esta razón la Alcaldía de Mateare se ve obligada a abastecer el vital líquido por medio de cisternas acarrear.

Partiendo de esta realidad, consideramos importante la construcción de un sistema de abastecimiento de agua, para suplir las necesidades de los pobladores y con las condiciones higiénicas requeridas para este sector.

El diseño del sistema se realizará en base a los estudios topográficos, aspectos socioeconómicos y la calidad de agua de la fuente que se encuentra ubicada cerca del barrio, ya que esto permite conocer las condiciones del sector.

De acuerdo a los resultados obtenidos con los estudios antes mencionados, se propone la construcción de un Sistema de abastecimiento de agua potable, **Fuente -Tanque – Red.**

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

El agua es el elemento que más predomina en la tierra. Su abundancia la convierte en la más común de las sustancias, pero sus propiedades combinadas la hacen a su vez la más exclusiva. Y es por esta razón que antiguas civilizaciones se ubicaron a lo largo de los ríos. Más tarde, gracias a los avances técnicos le permitieron al hombre transportar y almacenar el agua, por lo cual los asentamientos humanos se han esparcidos lejos de ríos y de otras fuentes superficiales de agua.

Actualmente, el uso del agua en las poblaciones es diverso, tales como para consumo humano, aseo personal, actividades domésticas, para fines comerciales, públicos e industriales también en la generación de energía eléctrica, la navegación y en la recreación.

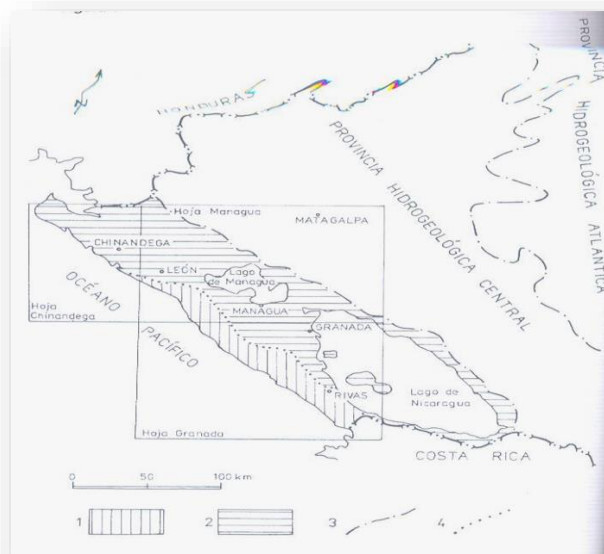
Es de vital importancia que cualquier comunidad cuente con el servicio de agua potable, en Nicaragua este beneficio es brindado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL). La cual a pesar de los altos niveles de inversión que hace, para que las comunidades cuenten con este bien, apenas se ha podido mantener al ritmo de crecimiento de la población, sin embargo en la mayoría de casos las zonas rurales son las que padecen el déficit de agua potable.

Se estima que el 80% de todas las enfermedades en Nicaragua están asociadas con el agua de mala calidad. Por esto es muy importante contar con un servicio apropiado y sobre todo de calidad. En el barrio Rosario Murillo ubicado en el municipio de Mateare, departamento Managua, requieren de un sistema de abastecimiento de agua, por lo que se presenta la propuesta en este trabajo monográfico que soluciona la necesidad de agua de esta comunidad y se plantea el diseño de una red de abastecimiento de agua potable con el análisis de su funcionamiento.

## 1.2 Antecedentes

La ciudad de Mateare, se encuentra incrustada en la Provincia Hidrogeológica Pacífica, (Ver figura 1) precisamente, en el extremo NO de la Cuenca Hidrogeológica de Managua-Granada, que comprende toda la zona que se extiende entre los lagos de Managua y Nicaragua, al Suroeste del Rio Tipitapa, en donde cubre una superficie de unos 800 km, el cual a su vez es parte de la subprovincia hidrogeológica Graben o Depresión Nicaragüense.

Figura1: Providencias Hidrogeológicas.



Fuente: ENACAL

La subprovincia señalada, es la unidad hidrogeológica más importante de la Zona Pacífica y del país. En la mayor parte de ella, los requerimientos de agua para los usos potables, industriales y riego, se satisfacen de los recursos subterráneos, por esta razón con el objeto de suministrarle agua potable a la ciudad de Mateare, el Departamento Nacional de Servicios Municipales, en el año de 1965 perforó los pozos No. 1 y 2, dentro del terreno del plantel del campo de pozos. Once (11) años después (1976), el mismo departamento perforó los pozos No. 3 y 4, en el mismo lugar, todos se perforaron con máquinas percusoras. Los pozos aludidos

se llevaron hasta profundidades que varían entre de 38 hasta 64 m. Sus agujeros tienen diámetros que andan entre 14" y 16". Y el revestimiento de los mismos está constituido por tubería de acero de 12" y 8" (colocados de forma telescópica), las zonas acuíferas son captadas mediante tubería ranura de acero tipo puente con los mismos diámetros del revestimiento, en longitudes que varían entre 12 y 43 m, (Ver fig. 2). De esta información se desprende que los cuatro pozos ya han cumplido su límite de vida útil (30 años, según la Comisión Nacional del Agua de México).

Figura 2: Pozos perforados en Mateare.



Fuente: ENACAL

En la actualidad los pozos funcionan de forma alterna con regímenes de bombeo que oscilan entre las 17 y 19 horas del día, operando simultáneamente dos a la vez. El flujo de explotación es impulsado directamente hacia la red de distribución.

El campo de pozos tiene un sistema de cloración, mediante un dosificador eléctrico, el cual está instalado a la salida de la tubería principal que provienen de los cuatros pozos existentes en funcionamiento.

El servicio de agua que se entrega a la población de Mateare, se hace con cierta continuidad. El acueducto opera en parte bajo el esquema operativo Fuente-Red-Tanque.

### **1.3 Justificación**

A finales del año 2006 un grupo aproximado de 500 personas fundó el Barrio Rosario Murillo como solución a la necesidad de un lote de terreno donde vivir, estos se organizaron y se asentaron e iniciaron a solicitar los servicios básicos, entre abril y mayo del año 2014 la empresa ENATREL instalo el sistema eléctrico en calles y viviendas.

La alcaldía de Mateare ha asumido el compromiso de abastecer de agua potable atreves de cisterna, a la población de dicho barrio.

En la actualidad existen tres pozos comunitarios que fueron excavados de los cuales se proveen algunos habitantes, pero no garantiza el suficiente suministro pues en la actualidad la comunidad tiene 53 manzanas de extensión con un aproximado de 1088 viviendas.

El agua de estos pozos artesianos no cumple con los parámetros de calidad, por lo cual la comunidad los utiliza para lavar ropa y riego pues estas se encuentran expuestas a contaminación por heces fecales ya que algunas de viviendas no poseen letrinas.

Por esta razón es necesario proveer un sistema de abastecimiento de agua potable a la comunidad, atreves de este se espera que los pobladores tenga una mejor condición de vida

El sistema propuesto incluirá la infraestructura, equipo y servicios destinados al suministro de agua para consumo de los habitantes, esta comunidad cuentan con el servicio de energía eléctrica lo cual facilita la instalación de una bomba para trasladar el agua de la fuente hasta un tanque de almacenamiento, las condiciones topográficas del terreno hacen que el suministro de agua potable sea por gravedad y que presente eficacia en cuanto a su calidad, continuidad y cantidad en dependencia de la demanda diaria y futura de su población.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable en el barrio Rosario Murillo, municipio de Mateare.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- 1- Llevar a cabo un estudio socio-económico, para conocer la capacidad económica de la población.
- 2- Realizar el levantamiento topográfico del área del proyecto.
- 3- Analizar datos poblacionales para determinar la proyección de la población y la demanda de agua.
- 4- Modelar la red utilizando el software EPANET
- 5- Diseñar cada uno de los elemento del sistema de abastecimiento de agua potable.
- 6- Elaborar el presupuesto de las obras presupuestadas.

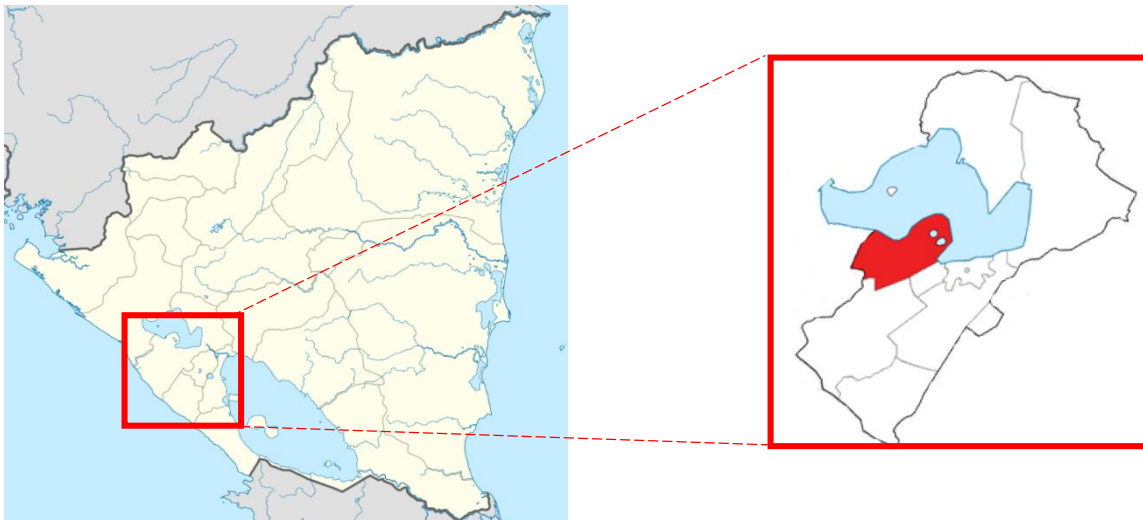
## II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÀREA DEL PROYECTO

### 2.1 Ubicación del Proyecto

#### 2.1.1 Macro localización

Figura 3:

Ubicación del Municipio de Mateare.



Fuente: Google Maps.

##### 2.1.1.1 Del municipio de Mateare

La ciudad de Mateare, se encuentra incrustada en la Provincia Hidrogeológica Pacífica, (Ver figura 2) precisamente, en el extremo NO de la Cuenca Hidrogeológica de Managua-Granada, que comprende toda la zona que se extiende entre los lagos de Managua y Nicaragua, al Suroeste del Río Tipitapa, en donde cubre una superficie de unos 800 km, el cual a su vez es parte de la subprovincia hidrogeológica Graben o Depresión Nicaragüense. (Ver fig.3)

Figura 5: Subprovincias Hidrogeológicas, dentro de las provincias Hidrogeológica Pacífica y sistemas y subsistemas de acuíferos dentro del Graben Nicaragüense.



7

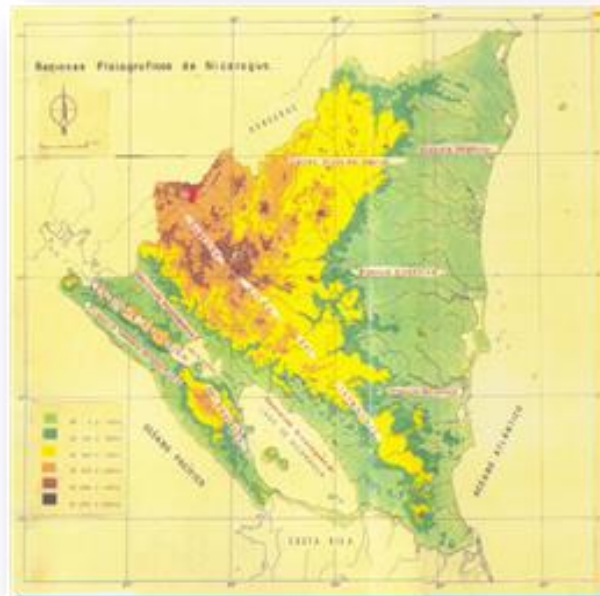


La subprovincia señalada, es la unidad hidrogeológica más importante de la Zona Pacífica y del país. En la mayor parte de ella, los requerimientos de agua para los usos potables, industriales y riego, se satisfacen de los recursos subterráneos.

La Subprovincia Hidrogeológica Graben Nicaragüense, se extiende a todo lo largo y ancho de la subprovincia morfo-geológica Depresión Nicaragüense.

La Depresión Nicaragüense es la unidad fisiográfica más sobresaliente de la Región Occidental de Nicaragua. Se extiende, con dirección NW-SE desde el Golfo de Fonseca, al Norte, hasta la frontera de Costa Rica al Sur. El Golfo de Fonseca y los lagos de Managua y Nicaragua ocupan las partes más hundidas de la Depresión. Su borde Nor Oriental es más o menos claro y consiste de bloques rocosos levantados, constituidos por rocas volcánicas Terciarias que conforman la provincia fisiográfica “Tierras Altas del Interior”.

Figura 6: Regiones Fisiográficas de Nicaragua  
Hidrogeológicas.



Fuente: ENACAL.

Dentro del sistema acuífero Sur Oeste está el subsistema Mateare-Puerto Momotombo, sobre el cual está edificada la Ciudad Mateare.

Los depósitos volcánicos más antiguos pertenecen a la formación Las Sierras, constituyen la formación basal sobre la que se han depositados todos los otros depósitos. Los depósitos aluviales, más recientes, prevalecen en la parte occidental de la cuenca, a lo largo de la falla de Mateare (entre las alturas de La Sierra y la costa del Lago de Managua, donde se encuentra la ciudad de Mateare) y de la costa del lago de Managua al Norte de Sabana Grande-Cofradía. Están constituidos generalmente de arenas, de finas a gruesas, pero no faltan lentes arcillosos y limosos, que pueden constituir niveles confinantes para las aguas subterráneas.

[illegible]

9

El medio hidrogeológico del acuífero presente en el subsuelo de la ciudad de Mateare, lo constituye las rocas del Grupo o Formación Las Sierras. Las rocas de este grupo, desde el punto de vista de su litología, su espesor, gran extensión y características hidráulicas altas, (porosidad, transmisividad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento) representan la unidad acuífera importante que contiene un potencial de agua subterránea apreciable. Las rocas de dicho grupo, presentan permeabilidad, tanto por porosidad como por fracturamiento, siendo la primera la predominante.

Las propiedades hidrogeológicas del grupo Las Sierras, varían de acuerdo a la compactación, granulometría y disposición espacial de los piroclastos que lo integran. Las tobas, muy frecuentes en los niveles inferiores del grupo, no obstante a su relativa compactación, poseen buenas condiciones acuíferas. Los piroclastos sueltos que se encuentran intercalados entre las tobas, tienen altas condiciones de permeabilidad y transmisividad.

El Grupo Las Sierras descansa sobre del Grupo Tamarindo poco permeable; por tal razón, es considerado el basamento (fondo) del subsistema acuífero.

Todo el conjunto constituye un característico acuífero multiestrato, cuyo espesor total varía entre los 200 y los 300 m en la parte central de la llanura, pero disminuye notablemente en los bordes. Ninguno de los pozos perforados ha alcanzado el basamento; por lo tanto, se desconoce su profundidad, es decir no se conoce el espesor en la zona de Mateare.

El agua subterránea escurre, en el acuífero, desde la zona del complejo volcánico de Apoyo-Masaya y desde la base de la cordillera de Las Sierras hacia el Lago de Managua, el Río Tipitapa y el Lago de Nicaragua, con dirección Norte, Noreste y Este. El gradiente piezométrico varía desde valores de 0.04-0.02 en las zonas más elevadas, a la base de la Cordillera de Las Sierras y del Volcán Masaya,

hasta valores de 0.01-0.005 en las zonas de planicie, disminuyendo hacia la costa del Lago de Managua y el Rio Tipitapa. En la zona de Mateare, el agua subterránea escurre en dirección de SO hacia NE, hacia el Lago de Managua, con un gradiente medio de 0.015 (INETER en curso de elaboración).

La profundidad del agua subterránea se halla alrededor de los 80 - 100 metros en las faldas de la Cordillera de Las Sierras y del grupo volcánico de Apoyo-Masaya y disminuye muy rápidamente en dirección de la costa del Lago de Managua y del Rio Tipitapa, hasta valores de menos de 2 m. En la zona de Mateare, el agua se encuentra a profundidad de entre 10 y 30 m bajo el nivel del suelo.

El acuífero, de clásico tipo multiestrato, se encuentra en condiciones generalmente freáticas o localmente semiconfinadas, con evidente conexión hidráulica entre los diferentes niveles. Según los estudios NU de 1973, la transmisibilidad del acuífero es generalmente muy alta, pero muy variada. En la zona Sur de la planicie, entre Masaya, Granada y Tisma, se registran valores de entre 1000 y 2500 m<sup>2</sup>/d; en la zona de Managua se registran valores de entre 1000 y 3000 m<sup>2</sup>/d, los que aumentan rápidamente hacia el Este donde, en la zona de Las Mercedes-Sabana Grande-Veracruz, se alcanza valores de hasta 13.000 m<sup>2</sup>/d.

El coeficiente de almacenamiento varía desde un mínimo de 0.0006 hasta un máximo de 0.17, siendo el valor promedio de todo el acuífero de 0.036 (valor determinado sobre el resultado de 16 pruebas).

En general, el agua subterránea se encuentra bajo condiciones libres, aunque podrán encontrarse condiciones de semiartesianismo y artesianismo.

La recarga del Acuífero proveniente de las precipitaciones es alta, debido a la permeabilidad de las rocas generalmente propicia a las infiltraciones y a las precipitaciones suficientes.

En el área el agua subterránea se encuentra a profundidades que varían entre 39 pies (11.89 m.) y 75 pies (22.87 m); los valores de transmisividad andan entre 500 y 1000 m<sup>2</sup>/día; el coeficiente de almacenamiento está entre 0.08 y 0.17; la capacidad específica fluctúa entre 5 y 10 m<sup>3</sup>/h/m.

En general, el agua subterránea se mueve desde las zonas altas hacia las zonas bajas con la misma inclinación del terreno, pero con una pendiente mucho menor. Finalmente, las aguas subterráneas descargan en el Lago de Managua.

Todos los pozos construidos para obtener el suministro de agua de la ciudad de Mateare; ya están dentro del casco urbano; por tal razón existe un peligro potencial alto de que las aguas subterráneas lleguen a contaminarse debido a la presencia de letrinas en sus alrededores. Adicional a esta situación el campo de pozos se encuentra a escasos 320 metros de la costa del lago de Managua. Una eventual inversión del gradiente hidráulico subterráneo aumenta aún más el riesgo potencial de contaminación.

Mateare, no dispone de alcantarillado sanitario por tanto la disposición final de las excretas se hacen en letrinas; además, hay viviendas que carecen de letrina y sus moradores defecan al aire libre.

Con el objeto de suministrarle agua potable a la ciudad de Mateare, el Departamento Nacional de Servicios Municipales, en el año de 1965 perforó los pozos No. 1 y 2, dentro del terreno del plantel del campo de pozos. Once (11) años después (1976), el mismo departamento perforó los pozos No. 3 y 4, en el mismo lugar. (Ver fig. 6). De esta información se desprende que los cuatro pozos ya han cumplido su límite de vida útil (30 años, según la Comisión Nacional del Agua de México)

Últimamente, (2006), la alcaldía de Mateare decidió construir un pozo con administración propia que abastecería a los barrios altos de Las Mercedes y aledaños, construyó un quinto pozo. (Pozo Las Mercedes).

De los cuatro (4) pozos construidos para suministrarle agua potable a la ciudad Mateare, todos se perforaron con máquinas percusoras. Los pozos 1 y 2 en el año 1965 y los pozos 3 y 4 1976 por DENACAL. Ver figura 2

Los pozos aludidos se llevaron hasta profundidades que varían entre de 38 hasta 64 m. 125' (38 m) y 210' (64 m); sus agujeros tienen diámetros que andan entre 14" y 16". Y el revestimiento de los mismos está constituido por tubería de acero de 12" y 8" (colocados de forma telescópica), las zonas acuíferas son captadas mediante tubería ranura de acero tipo puente con los mismos diámetros del revestimiento, en longitudes que varían entre 12 y 43 m, ver cuadro II-1

En el cuadro II-2 se dan la información básica de los diseños constructivos de los pozos de Mateare.

En la actualidad los pozos funcionan de forma alterna con regímenes de bombeo que oscilan entre las 17 y 19 horas del día, operando simultáneamente dos a la vez. El flujo de explotación es impulsado directamente hacia la red de distribución.

El campo de pozos tiene un sistema de cloración, mediante un dosificador eléctrico, el cual está instalado a la salida de la tubería principal que provienen de los cuatros pozos existentes en funcionamiento.

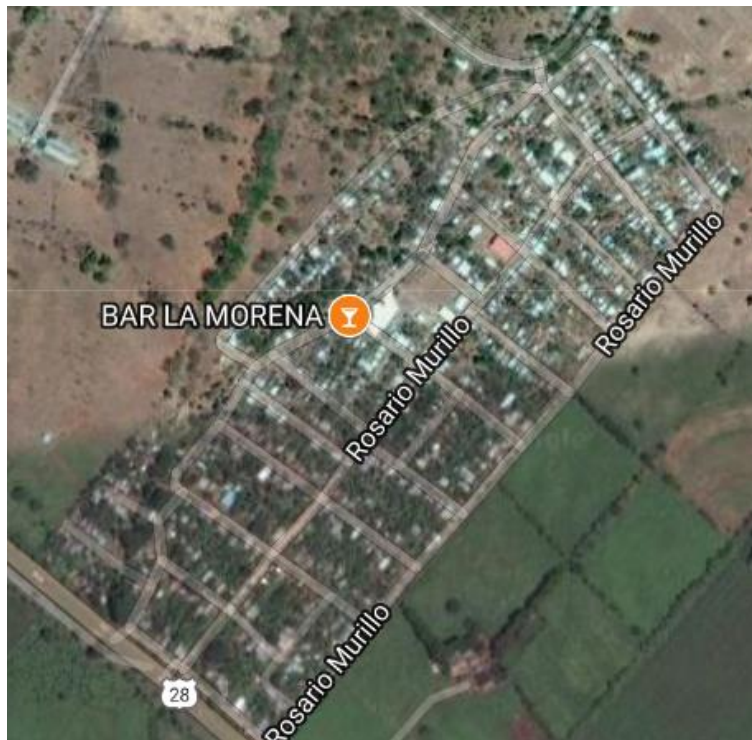
### 2.1.2 Micro localización

La comunidad del Rosario Murillo, pertenece al municipio de Mateare – Managua. A 4 km de la cabecera municipal, Mateare, y a 25 km de la ciudad capital Managua, en el kilómetro 21 de la carretera nueva a León, se desvía hacia el oeste, ahí está asentada la comunidad “Rosario Murillo”.

Se encuentra entre las coordenadas 12° 13' 21.1" de latitud norte y a 86° 24' 25.6" de longitud oeste.

Limita al norte con el Lago Xolotlan al sur con el municipio Villa Carlos Fonseca al este con el municipio de Managua y al Oeste con el municipio de Nagarote.

Imagen 1: Ubicación de la Comunidad Rosario Murillo.



Fuente: Google Earth.

Rosario Murillo está ubicada sobre la carretera nueva a León una meseta rocosa, inicia al norte de la comunidad y desciende hacia el suroeste en una pendiente suave, a medida que asciende hacia el noroeste se hace aún más pronunciada,

## **2.2 Servicios básicos, Requerimientos y Población**

### **2.2.1 Vivienda y Población.**

De acuerdo a la información brindada por el SILAIS (Sistema Local de Atención Integral en Salud), la caracterización de la comunidad es la siguiente: el total de viviendas es de 1088, la población censada de la comunidad corresponde a 852 habitantes.

La población censada de la comunidad, corresponde a 852 habitantes, de los cuales el 58% son mujeres y el 42% hombres. Por lo que se puede determinar que las mujeres son las residentes mayoritarias de la comunidad. El rango de edad de la mayoría de los habitantes oscila entre los 15 y los 49 años.

### **2.2.2 Adquisición de Vivienda.**

Es importante tener en cuenta que el derecho a la vivienda forma parte de la declaración universal de los derechos humanos. Del 100% de viviendas de la comunidad, el 99% es propia y el 1% es prestado, las condiciones de las mismas no son las adecuadas en pocos casos, debido a que existen viviendas de paredes de zinc y tabla forradas en su interior con plástico, de techo de zinc o tejas de barro en mal estado.



### **2.2.3 Saneamiento de las Viviendas.**

#### **A) Aguas Servidas**

En la comunidad no cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas proveniente del lavado, baño, cocina son descargadas superficialmente sobre los patios, lugar donde se estancan formando charcos, lo que ocasiona la propagación de zancudos y mal olor.

#### **B) Desechos Solidos**

No existes un mecanismo comunitario de la eliminación de desechos, por lo que cada familia se encarga de despejar los desechos de sus viviendas, el 70% de la población se encarga de quemar la basura, sin embargo hay otro porcentaje significativo que utiliza métodos efectivos para la eliminación de la basura como es enterrarla o verterla en los pozos artesanales (20% y 10% respectivamente) provocando la contaminación de los mismos quedando actualmente inhabilitado.

#### **C) Disposición de excretas**

El 100% de las viviendas cuentan con letrinas, de las cuales el 80% de las letrinas se encuentran en buen estado y el 20% en estado regular.

### **2.2.4 Educación**

La comunidad cuenta con un colegio, bajo el nombre José Daniel Ortega, el cual brinda educación inicial y primaria en el turno matutino, de lunes a viernes.

Cuenta con una población estudiantil de 500 alumnas y alumnos, estos son atendidos por un total de 24 maestras, y el responsable de dirección Lic. Martha Flores.

### **2.2.5 Cultura**

Como parte de la cultura de esta comunidad, en el aspecto religioso conservan ciertas tradiciones, como la celebración de la Navidad y Semana Santa y en el aspecto cívico la celebración de las fiestas patrias.

### **2.2.6 Salud**

Esta comunidad no cuenta con un puesto de salud, los pobladores asiste a la sede del sector del casco urbano de Mateare ubicado frente al parque municipal a 5 km del barrio.

La población que mayormente es atendida son niños (as) y mujeres embarazadas.

Las enfermedades más comunes por las que acude la población son las de origen diarreico, e infecciosa.

### **2.2.7 Energía Eléctrica**

La Empresa Nacional de Trasmisión Eléctrica (ENATREL) ejecuto la obra de proporcionarle energía al barrio Rosario Murillo en Mayo del año 2014.

### **2.2.8 Actividad Económica**

La principal actividad económica de esta comunidad, es el comercio.

### **2.2.9 Transporte y Acceso**

La comunidad del Rosario Murillo tiene una sola vía de acceso, es la carretera Nueva a León, por donde circulan todo tipo de transporte colectivo y privado.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Estudio Socioeconómico**

Un estudio socioeconómico, es un documento que nos permite conocer el entorno económico y social de una persona o familia en particular, se trata de una investigación con la intención de conocer aspectos propios de las personas a encuestar tales, como su situación económica actual, su forma de vida, su entorno familiar y social.

#### **3.2 Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Existen dos grandes modalidades:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

#### **3.3 Población a Servir**

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos para dimensionar los elementos que constituyen el sistema este estará en dependencia de las características de la población objeto de estudio el tipo de comunidad economía la configuración de la misma y las características tecnológicas de la instalación a establecerse.

### **3.4 Dotaciones de Agua**

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, es necesario determinar cuál será la dotación a utilizar para el cálculo de los Factores de Máximas Demandas.

Al igual que los caudales contra incendio, éstas dotaciones están establecidas en las normas de diseño de acuerdo al sector donde se proyecta instalar la red de distribución (ya sea para la ciudad de Managua o el resto del país) y el rango de población de la localidad.

### **3.5 Determinación de las Variaciones de Consumo**

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución.

### **3.6 Análisis de la Red en el Software Epanet**

Epanet es un programa para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de dominio público y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El programa es capaz de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada, además de estar diseñada para ser "una herramienta de investigación que mejore nuestro conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red de aguas" Si bien fue diseñado para agua potable también puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión.

### **3.7 Costo y Presupuesto de la Obra**

Costo es el que debe pagar el contratista por la aplicación y uso de los factores de producción: mano de obra, materiales, equipos/herramientas y capital. Estos se diferencian entre costos directos y costos indirectos, los cuales a su vez pueden ser fijos o variables.

- Costo directo: es el constituido por los insumos necesarios para la realización de un rubro específico.
- Costo indirecto: lo constituye todo gasto que debe hacer la “empresa” simplemente por existir, para funcionar o para realizar un conjunto de rubros u obras.

Presupuesto de la obra, esta se compone de dos palabras compuestas PRE (que significa antes de anticipar) más SUPUESTO (que se refiere a suponer que pueda costar). Es decir un valor anticipado del costo de una obra como referencia.

### **3.8 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.**

Se denomina agua potable, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no presenta riesgo alguno para la salud. El término se aplica al agua que cumple las normas de calidad creadas por las autoridades locales e internacionales.

Los sistemas para abastecimiento de agua potable constan de diversos componentes: Tipos de fuente, Obra de captación, Estación de bombeo, Línea conducción, Tanque de almacenamiento, Red de distribución, Tratamiento, Conexiones domiciliarias; en cada uno se construye las obras necesarias para que sus objetivos particulares sean alcanzados de forma satisfactoria.

El abastecimiento de agua se ha enfocado el estudio de sus diversos componentes, como una secuencia de materias ordenadas por lo que pudiéramos llamar el camino de agua, es decir comenzando con las fuentes de abastecimiento, continuando con las obras de captación, hasta llegar, finalmente, a la red de distribución. Pero si bien es cierto que este ordenamiento atiende a una secuencia establecida en el aprovechamiento, conducción y uso del agua no es menos cierto que en el método del diseño se sigue un orden diferente como consecuencia de la correlación que debe existir en cada parte del sistema y la información que le sirve de apoyo para su diseño.

Un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras presentando características diferentes, que serán afectadas por coeficientes de diseño distintos en razón de la función que cumplen dentro del sistema. Por lo tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos ya los daños que estarán expuestos así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, para ajustarlos a criterios económicos.

### **3.8.1 Clasificación**

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente del agua del que se obtienen:

- Agua de lluvia almacenada en aljibes.
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie.
- Agua subterránea: Los cuerpos de agua subterránea o acuíferos se clasifican en función de sus condiciones de operación relativas a la presión en la cual está sometida el cuerpo de agua. Un acuífero es una estructura hidráulica natural que almacena y confina. El acuífero libre se caracteriza por tener el almacenamiento bajo presión atmosférica, no así el

confinado, en el cual el almacenamiento bajo presión hidráulica. Un cuerpo de agua subterránea presenta diversas ventajas con relación a los cuerpos superficiales ya que por el lado de la calidad del agua, la filtración natural del agua hace menos costoso el tratamiento que deba darse a esta para tomarla potable. captada a través de pozos o galerías filtrantes.

- Agua superficial: son aquellas que escurren en los cauces y presentan una superficie libre sujeta a la presión atmosférica. Estas requieren obras de captación que generalmente utilizan equipos de bombeo para su aprovechamiento directo, con previo tratamiento, en función de componente indeseables y parámetros de calidad exigidos por normas actuales (lleva un previo tratamiento), estas aguas provienen de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales.
- Agua de mar (esta debe necesariamente ser desalinizada).

Según el origen del agua, para transformarla en agua potable deberá ser sometida a tratamientos, que van desde la simple desinfección y filtración, hasta la desalinización.

### **3.8.2 Componentes**

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, es el que utiliza aguas superficiales, éste consta de cinco componentes principales:

#### **3.8.2.1 Captación**

Las obras de captación son todas aquellas que se constituyen para reunir adecuadamente aguas aprovechables, su finalidad básica es agrupar bajo cualquier condición de flujo durante todo el año la captación de aguas previstas. El tipo de obra a emplearse está en función de las características de la fuente, de la calidad, de la localización y su magnitud. Pueden hacerse por gravedad, aprovechando la diferencia de nivel del terreno o por impulsión (bombas). Las

dimensiones y características de la obra de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población.

Según la calidad del agua la captación puede ser:

Directa: cuando la calidad física, química y bacteriológica adoptan la cloración como tratamiento mínimo.

Indirecta: cuando la calidad bacteriológica o la turbidez ocasional de la misma, requiere el aprovechamiento de la filtración natural a través de estratos permeables conectados con el río.

Captación de aguas subterráneas: Las aguas subterráneas se captan a través de, pozo, manantial.

### **3.8.2.2 Almacenamiento de agua bruta**

El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria. Para almacenar el agua de los ríos o arroyos que no garantizan en todo momento el caudal es necesario que se construyan embalses.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

### **3.8.2.3 Tratamiento**

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:



- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo.
- Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino.
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general.
- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino.
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión.
- Dispositivo de desinfección.

#### **3.8.2.4 Almacenamiento de agua tratada**

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano.

Desde el punto de vista de su localización con relación a la red de distribución se distinguen dos tipos de tanques:

- Tanques de cabecera: Se sitúan aguas arriba de la red que alimentan. Toda el agua que se distribuye en la red tiene necesariamente que pasar por el tanque de cabecera.
- Tanques de cola: Como su nombre lo dice, se sitúan en el extremo opuesto de la red, en relación al punto en que la línea de aducción llega a la red. No toda el agua distribuida por la red pasa por el tanque de cola.

#### **3.8.2.5 Red de distribución:**

La línea de distribución se inicia, generalmente, en el tanque de agua tratada y consta de los siguientes componentes:

#### **3.8.2.5.1 Estaciones de bombeo:**

En los sistemas de abastecimiento de agua puede requerirse del diseño de estaciones de bombeo, lo cual precisa del conocimiento de ciertos datos específicos para la mejor selección de los equipos necesarios, Se consideran como estaciones de bombeo aquellas que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la elevan al tanque de almacenamiento, a una estación de bombeo o a la red de distribución. Para el diseño de la una estación de bombeo se consideran los siguientes aspectos.

#### **3.8.2.5.2 Tanques de almacenamiento:**

Generalmente es el elemento intermedio entre la fuente y la red de distribución. De su funcionamiento depende en gran parte el que pueda proyectarse un servicio continuo a la ciudad.

El tanque tiene funciones de almacenaje y de compensador de variaciones de los consumos. Existiendo variaciones de consumo para las diferentes horas de un día cualquiera, la tubería que suministra agua a las edificaciones (red) debe ser capaz de conducir el máximo consumo que una determinada zona demande en cualquier instante. Ello se transmitirá a toda la red y llegaría al tanque, el cual actuará como amortiguador (compensador) de estas variaciones horarias.

#### **3.8.2.5.3 Válvulas:**

Las Válvulas permiten operar la red, y sectorizar el suministro en casos excepcionales, como son: en casos de rupturas de tubería y en casos de emergencias por escasez de agua.

#### **3.8.2.5.4 Derivaciones domiciliarias.**

Son tomas de agua que se aplica en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costo de operación (sistema por gravedad), capacidad de pago de la población, y numero de usuario del servicio.

### **3.9 Parámetros de Diseño el diseño de redes de distribución de agua para consumo humano**

En estos se incluye las dotaciones por persona, el periodo de diseño, la población futura y lo factores específicos (coeficiente de flujo, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías).

#### **3.9.1 Proyección de Población**

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para una ciudad o asentamiento. Con el fin de estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo especialmente en que lo que concierne a turismo desarrollo industrial y comercial. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable es emplearlos según el modelo al que se ajusta al comportamiento de la población con respecto al tiempo.

A continuación se mencionan algunos de los métodos de estimación de la población futura:

Método Aritmético.

Tasa de crecimiento geométrico.

Tasa de crecimiento a porcentaje decreciente.

Método gráfico de tendencia.  
Método gráfico comparativo.  
Método de saturación.

### 3.9.2 Período de Diseño:

Se denomina periodo de diseño al número de años que tendrá la vida útil del proyecto bajo el supuesto que durante ese periodo se proporcionara un servicio suficiente y eficiente en un cien por ciento, sin incurrir costos innecesarios.

El periodo económico del proyecto se asocia al requerimiento predecible de la población y al monto de las inversiones requeridas, así como a las necesidades de operación, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema, es decir, debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad.

### 3.9.3 Velocidades Permisibles en la Tubería

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Los valores permisibles son los siguientes:

Tabla 1: Velocidades Permisibles

Velocidad (m/s)	Parámetro
Mínima	0.6
Máxima	2

Fuente: INAA NTON 0900399

### 3.9.4 Presiones Mínimas y Máximas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Tabla 2: Presiones Permisibles

Presión (m.c.a)	Parámetro
Mínima	14
Máxima	50

Fuente: INAA NTON 0900399

Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70 m, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

### 3.9.5 Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50 mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica. En zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100 m.

### 3.9.6 Cobertura sobre Tuberías

El diseño de la tubería colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud y en calle peatonales su cobertura mínima será de 0.70 m.

### **3.9.7 Resistencia de las Tuberías**

Las tuberías deberán resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico.

### **3.9.8 Pérdidas en el Sistema**

Dentro del proceso de diseño, las pérdidas de agua en el sistema se pueden expresar como un porcentaje del consumo promedio del día. En el caso de Nicaragua, el porcentaje se fijara en un 20%.

### **3.9.9 Pérdidas de Energía**

A medida que un fluido del agua fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción, tales energía traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

### **3.9.10 Condiciones de trabajo u operación crítica de la red de distribución**

El diseño de la red de distribución se hará para tres condiciones de operación:

- a. Consumo de la máxima hora para el año último del período de diseño: En esta condición se asume una distribución razonada de la demanda máxima horaria en todos los tramos y circuitos de la red de distribución, pudiendo el caudal demandado llegar bajo dos condiciones según sea el caso:

- 1- El 100% del caudal demandado llegará por medio de la línea de conducción, fuente o planta de tratamiento, siempre y cuando no se contemple tanque de almacenamiento.

2- El caudal demandado llegará por dos puntos, la demanda máxima diaria por la línea de conducción y el resto aportado por el tanque de abastecimiento para completar la demanda máxima horaria.

b- Consumo coincidente: Ese caudal corresponde a la demanda máxima diaria más la demanda de incendio ubicado en uno o varios puntos de la red de distribución. La cantidad de agua que todo acueducto debe tener disponible para combatir la eventualidad del incendio, estará adecuada a la capacidad del sistema y al rango de la población proyectada y se encuentra definida en la normas.

c-Demanda cero: Aquí se analizan las máximas presiones en la red.

### **3.9.11 Accesorios y obras complementarias de la red de distribución**

a. Válvulas de aeración: son dispositivos que se instalan para controlar de forma automática la presencia de aire en las conducciones Sirve para sacar el aire atrapado en las tuberías. Son colocados en las partes altas de la línea de conducción.

b. Válvulas de alivio: también llamadas válvulas de alivio de presión o válvulas de seguridad, están diseñadas para aliviar la presión cuando un fluido supera la presión de tarado o consigna (presión a la cual abre la válvula). Su misión es evitar la explosión del sistema protegido o el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.

c. Válvulas de Pase: Una válvula de pase es un sistema mecánico gracias al cual se puede regular el flujo de líquidos y gases que circulan a través de una tubería. El proceso se efectúa mediante una pieza que tapa de forma parcial o completa el orificio de la cañería.

d. Válvulas de Limpieza: Estos dispositivos que permitirán las descargas de los sedimentos acumulados en las redes deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

e. Localización de Hidrantes: Los hidrantes son piezas especiales que deberán localizarse preferentemente en las líneas matrices de las redes de distribución. Tomando en cuenta su función específica, se fijará su capacidad en función a la naturaleza de las áreas a las que deberán prestar su protección.

Los conceptos siguientes son normativos:

- En zonas unifamiliares con viviendas aisladas, su capacidad de descarga será de 160gpm (10lt/s) y en áreas comerciales, unifamiliares continuas o mixtas será de 250gpm (15.77lt/s). En cualquiera de los casos deberán colocarse a 200 metros de separación. Se recomienda que sean de 4" (100mm) de diámetro, provistos de dos bocas de incendios de 2 ½" (62.5mm) de diámetro con roscas "NATIONAL STANDARD", con una capacidad de descarga
- Los hidrantes estarán localizados a una distancia de 100 metros cuando se trate de proteger a las áreas industriales, comerciales o residenciales de alta densidad. Su capacidad de descarga será de 500gpm (31.55lt/s). El cuerpo del hidrante será de 6" (150mm) con una boca de 3 ½" (87.5mm) y dos bocas de 2½" (62.5mm) con roscas "NATIONAL STANDARD"
- Adicionalmente se recomienda instalar hidrantes en lugares en donde se llevan a cabo reuniones o aglomeraciones públicas, tales como: cines, gimnasios, teatros, iglesias, etc. En tales lugares la protección debe de buscarse en base a dos hidrantes de 6" (150mm) de diámetro como mínimo.



f. Bloques de Reacción: A fin de impedir su deslizamiento bajo presión del agua de los accesorios por los que está compuesta la red, a cada uno de ellos se le reforzara con bloques de reacción, estos bloques son de concreto y deben extenderse hasta el suelo virgen de la pared de la zanja y opuesto a la dirección de empuje. La forma de los bloques dependerá del tipo d accesorios que se trata de afianzar.

g. Conexiones Domiciliars: Las conexiones domiciliars son gestionadas, a través de las entidades responsables del saneamiento y potabilización del agua que se distribuye a la población, deben realizarse bajo control Municipal y debe prohibirse cualquier obra por intervención de particulares en la red pública.

Como regla de seguridad de utilización adecuada de la red interna domiciliaria (privada), la sección adoptada de conexión debe tener un diámetro inferior a la del colector público, buscando que en caso de producirse una obstrucción por uso indebido, el efecto se produzca en el tramo de conexión o en el interior de la edificación.

## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

Los criterios de diseño que fueron utilizados en el presente trabajo monográfico son los establecidos por Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), a través de las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99).

### **4.1 Estudio Socioeconómico.**

Para obtener los resultados del proyecto, fue necesario realizar un estudio socioeconómico que permitió conocer las necesidades básicas y la situación actual de la población en las comunidades para lo cual se diseñó una encuesta socioeconómica donde se analizaron los siguientes aspectos:

- Datos de la población
- Datos vivienda
- Datos económico
- Datos de saneamiento e higiene
- Agua potable
- Salud

### **4.2 Levantamiento Topográfico General**

Con la Alcaldía de Mateare se realizó el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico en el barrio Rosario Murillo en compañía del Ing. Gabriel jefe y coordinador de la cuadrilla de topografía contratado por la Alcaldía de Mateare, el cual colaboró en guiar al equipo técnico en el trayecto del levantamiento la red de distribución, Terreno del tanque y levantamiento de casa a casa.

### 4.3 Proyección de la Población

La población a servir es el parámetro básico con el cual se diseñan los elementos de las obras de abastecimiento de agua, pudiéndose establecer diferentes criterios para la estimación de la misma, dependiendo de las características de la población, objetivo de estudio, el tipo y configuración de la localidad.

El Ingeniero Proyectista es libre de seleccionar el método de cálculo de la tasa de crecimiento o índice habitacional (aritmético, geométrico, a porcentaje decreciente, gráfico de tendencia, etc) y el método de proyección a utilizar.

#### 4.3.1 Método de Saturación

La proyección de la población esperada a lo largo del periodo del diseño, se calcula por medio del **Método de Saturación**, el cual trata de establecer la población de saturación para un lugar determinado. Para aplicar a este método se debe conocer el número de lotes vacíos que representa el número de viviendas futuras y el índice habitacional que se calcula a partir de la información vertida de las viviendas particulares ocupadas, los hogares dentro de la misma y la población residente, se obtiene el promedio de personas por vivienda y por hogar, indicadores que ayudan a discernir la relación y comparación pertinente entre éstos.

El método se basa en determinar la cantidad máxima de habitantes que pueden alcanzar en el área del proyecto y con ella diseñar el sistema de abastecimiento, ya que fijando en número de viviendas que pueden alcanzar en el área del proyecto, se podría determinar el número de habitantes que cabrían en el mismo.

La expresión para el cálculo de la proyección de población por el método de saturación es la siguiente:

$$\text{Poblacion total} = \text{Numero de Viviendas} \times \text{Indice Habitacional}$$

#### 4.4 Periodo de Diseño

Cuando se habla de un diseño de abastecimiento de agua potable es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema.

En la siguiente tabla se muestran los valores a asumir, para el periodo de diseño

Tabla 3: Periodos de Diseño Económico para las Estructuras de los Sistemas

Tipo de estructuras	Características especiales	Período de diseño (años)
Presas, ductos grandes	Difíciles y costosos de agrandar	25-50
Pozos, tanques, equipos de bombeo, plantas de potabilización	a. Fáciles de ampliar cuando el crecimiento y las tasas de interés son bajas. Menor de 3% anual	20-25
	b. Cuando el crecimiento y las tasas de interés son altas. Mayor del 3% anual	10-15
Tuberías mayores de 12" de diámetro	Reemplazar tuberías pequeñas es más costoso a largo plazo.	20-25
Laterales y tuberías secundarias menores de 12" de diámetro	Los requerimientos pueden cambiar rápidamente en áreas limitadas	Para el desarrollo completo

Fuente: INAA NTON 0900399

#### 4.5 Proyección de Consumo

##### 4.5.1 Dotaciones de agua

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo (ver tabla 4)

Tabla 4: Dotaciones de agua para Nicaragua

Rango de población	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
0 - 5.000	20	75
5.000 - 10.000	25	95
10.000 - 15.000	30	113
15.000 - 20.000	35	132
20.000 - 30.000	40	151
30.000 - 50.000	45	170
50.000 - 100.000 y más	50	189

Fuente: INAA NTON 0900399

## 4.6 Variaciones de Consumo

### 4.6.1 Consumo Promedio Diario

El CPD es el producto de la dotación del año en estudio por la población total del mismo año. Donde la dotación se define como la cantidad de agua por persona por día y es un parámetro que depende del nivel del servicio adoptado, de los factores geográficos y culturales del uso del agua.

$$CPD_{Total} = CPD \times 20\%$$

Donde:

CPD = Consumo Promedio Diario

El Consumo Promedio Diario es igual a:

$$CPD = POBLACIÓN \times DOTACIÓN$$

Es importante destacar que cuando se multiplica la dotación por la población esto nos da litros por día.

#### **4.6.2 Consumo Máximo Día**

El consumo máximo día se estima utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al Consumo Promedio Diario (*CPD*)

$$CMD = 1.5 \times CPD$$

#### **4.6.3 Consumo Máximo Hora**

El cálculo de la capacidad de las obras de captación y línea de conducción se basara en el consumo máximo día, que según estudios efectuados en la década de los años 70, para el sistema urbanos y rurales se obtuvo un coeficiente de 1.5 del promedio diario. La red de distribución será calculada para el consumo máximo hora en el día de máximo consumo; también de dicho estudio arrojó un factor de 2.5 del consumo promedio diario.

$$CMH = 2.5 \times CPD$$

### **4.7 Fuente de Abastecimiento**

Actualmente, no existe el sistema de abastecimiento de agua de potable, por lo que se propone la construcción del mismo, constando de una fuente de captación y un tanque de almacenamiento para suplir la demanda de la población. El sistema operativo funcionará con el siguiente esquema: **Fuente-Tanque-Red.**

#### **4.7.1 Pozos**

##### **➤ Pozos Perforados**

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando

el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo, mayor de 40 mts.

➤ Diámetro de Perforación del pozo

El diámetro de perforación de un pozo está directamente relacionado con la cantidad de agua que se espera obtener de la captación, puesto que se debe permitir instalar la bomba con diámetro adecuado para que su capacidad de bombeo sea la prevista.

Por lo tanto los diámetros que hay que considerar en el diseño de una captación son los siguientes:

- Diámetro electrobomba sumergible.
- Diámetro de la tubería de revestimiento del pozo, interior y exterior.

Electrobomba Sumergible: Se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical.

Tubería de Revestimiento del Pozo: Para el revestimiento del pozo, se recomienda instalar tubería de acero y su diámetro es función directa del diámetro de la bomba que se va introducir por su interior o exterior.

➤ Tubería Ciega Ademe

Es una tubería de acero, colocada con holgura dentro la perforación del pozo, Se ubica en zonas de fracturas, donde el material es impermeable o estéril.

#### **4.7.2 Rejilla**

Es un material o filtro variable importante en el diseño de pozo perforado que capta agua de acuífero no consolidado, sus siguientes características son:

- Impida el paso de arena.
- Permite la circulación del agua hacia los pozos a baja velocidad y con la máxima capacidad específica.
- Sirve como estructura o soporte de la formación acuífera.

#### **4.8 Provisión de Empaque de Grava**

Este se colocara en los estratos de material suelto, a partir de donde se encontró zona permeable o de producción y su diámetro dependerá de la litología y del tamaño del material encontrado durante la perforación.

#### **4.9 Sello Sanitario**

Tiene por objeto proteger de la contaminación de desechos líquidos que van hacia al pozo y a través de este acuífero, debiendo ser sellado mediante mortero simple con el objetivo de estabilizar las paredes del pozo.

#### **4.10 Tubos Piezómetro**

Este se coloca con el objetivo de monitorear el nivel estático de agua ya que puede presentar variaciones significativas, de esta manera se puede conocer el tiempo de recuperación.

#### **4.11 Tubo de Engrave**

Se ubica con el propósito de realizar sondeos al nivel del empaque de grava el cual con el tiempo tiende a acomodarse y asentarse, por lo que se hará necesario



rellenar, de esta forma se garantiza que no penetre material alterando la calidad del agua ni a la bomba misma.

#### **4.12 Desarrollo por Compresorado**

Esta fase sirve para llegar a estimular los acuíferos captados sellados por el lodo de perforación, para que de esta manera se inicie con la explotación del agua para el consumo directo.

Consiste en inducir aire con un compresor de alta presión para explorar el agua del pozo.

#### **4.13 Pruebas de Bombeo**

Tiene por objeto determinar la cantidad de agua que se puede extraer del pozo. En una obra de captación de aguas subterráneas que permiten conocer el caudal óptimo de aprovechamiento, sus condiciones de operación y los parámetros hidráulicos del acuífero.

El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con un mínimo de 4 etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.

El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior del 1.5 del consumo promedio (CPD).

#### **4.14 Estación de Bombeo**

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consisten en:

- Caseta de protección.
- Conexiones eléctricas o mecánicas.
- Conexión de bomba o sarta.
- Fundación y equipo de bombeo (bomba y motor).
- Tipo de energía.

#### **4.14.1 Fundaciones de equipo de Bombeo**

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y características del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **4.15 Equipo de Bombeo**

#### **4.15.1 Bombas Verticales**

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son de la turbina de eje vertical y sumergible, para su selección deben tomarse en cuenta los factores siguientes:

- a) Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de la pruebas de bombeo efectuada al pozo.
- b) Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- c) El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- d) El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud por la cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal.
- e) Curvas de las características de las bombas.

## **4.16 Línea de Conducción**

### **4.16.1 Línea de Conducción por Bombeo**

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará de una frente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las perdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo.

Deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Para el cálculo hidráulico, las perdidas por fricción se determinan por el uso de la fórmula de Hazen-William u otra similar.
- Se dimensionara para la condición del consumo de máximo día al final del periodo de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio ( $CMD=1.5 * CP$ , más las perdidas).
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

## **4.17 Golpe de Ariete**

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos, se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica.

La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido lo cual da origen a una onda de sobrepresión (Golpe de Ariete).

Cálculo del Golpe de Ariete:

$$G.A = \frac{C * V}{G}$$

Donde:

G.A = Golpe de Ariete (m).

V = Velocidad media del agua (m/s).

C = Celeridad (m/s).

G = Aceleración de las paredes (m/s<sup>2</sup>).

#### 4.18 Celeridad

Se trabajó con la ecuación de Allievi para calcular la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión, conocida como celeridad.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \left(\frac{D}{E}\right)}}$$

Donde:

C: celeridad de la onda de presión (m/s).

D: diámetro interno del tubo en (m).

E: espesor de la tubería (m).

K: coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo para tubos plásticos o de PVC, K = 18

#### 4.19 Sobrepresión

$$S_p = (C \mp CE)$$

$s_p$  : Sobrepresión (m).

C: Celeridad (m).

CE: Carga Estática (m).

Para el análisis de una red deben considerarse los aspectos de malla cerrada y de red abierta. Para el caso de malla cerrada podrá aplicarse el método de Hardy Cross, considerando las diferentes condiciones de trabajo de operación crítica. En el caso de red abierta puede usarse el método de la gradiente piezométrica, usando la fórmula de Hazen-Williams u otras similares.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.67 Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Dónde:

Q = metros cúbicos por segundo

D = diámetro en metros

L = longitud en metros

S = pérdida de carga m/m

d

#### 4.20 Selección de la clase de tubería

La clase de tubería a emplear, será capaz de soportar la presión hidrostática y ajustarse a la máxima economía, **Ver tabla N°.5.** (CAPSA, 2008)

Tabla 5: Presiones de trabajo.

PRESION DE TRABAJO			
SDR	(kg/cm <sup>2</sup> )	(PSI)	(m.c.a)
11	18	400	280
13.5	22.4	320	224
17	17.5	250	175
26	11.2	160	112
32.5	8.8	125	88
41	7.0	100	70
50	5.6	80	56

Fuente: ASTM – D2241.

Como resultado de los estudios de campo se dispondrá de los planos necesarios de planta perfil, longitudinal de línea de conducción, informaciones adicionales acerca de la naturaleza del terreno, detalles especiales, etc. Permitirá determinar la clase de tubería (Hierro Fundido, Hierro Galvanizado, Asbesto Cemento, PVC) más conveniente.

En el caso de que la naturaleza del terreno haga antieconómica la excavación, se seleccionará una de las tuberías que por resistencia a impactos puede instalarse sobre soportes (Hierro Galvanizado)

#### **4.21 Diámetro Económico**

Para determinar el diámetro económico en la línea de impulsión se aplicó formula de Bresse:

$$D = 0.9 Q^{0.45}$$

D = Diámetro en m.

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

#### **4.22 Válvulas y Anclajes**

##### **4.22.1 Válvula de Aire**

Las válvulas de aire permite el ingreso como la salida de este. El acceso de aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida de agua, como en el caso de una ruptura, de no contarse con una válvula de aire, pueden producirse presiones negativa dentro de la misma y se puede llegar a romper la tubería si es de PVC, o colapsarse si es de acero.

El diámetro de las válvulas de aire y vacío se determinara en función del diámetro de la línea de conducción. Los fabricantes generalmente recomienda el uso de

válvulas cuyo diámetro es 1 ½" por pie de diámetro de la línea de conducción normalmente es de ¾".

#### **4.22.2 Válvula de Limpieza**

Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes se debe instalar en los puntos extremos más bajos de ellas. El diámetro es igual al de la tubería que sirve.

#### **4.22.3 Válvula de Pase**

Deberá espaciarse de tal manera que permita aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegida mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

#### **4.22.4 Válvulas de compuertas**

Pueden ser de hierro fundido, empleando principalmente para diámetro de 6". En adelante, de bronce que son más económicas que las de hierro fundido de 4" de diámetro o menos, o de plástico que se emplean en los equipos de dosificadores de solución de hipoclorito de calcio. Se ubicara al inicio y al final de la línea de conducción para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.

#### **4.22.5 Anclaje**

Es obligado el uso de los anclajes de concreto en cada uno de los accesorios de la red. El diseño de los mismos será realizado para soportar la fuerza interna reducida por la presión del agua dentro de la red.

## **4.23 Tanque de Almacenamiento**

### **4.23.1 Volumen de Compensador**

De acuerdo con lo estipulado en la norma del INAA-NTON, el volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 25% del consumo promedio diario.

### **4.23.2 Volumen de Reserva**

De acuerdo con lo estipulado en la norma del INAA-NTON, el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 15 % del CPD

### **4.23.3 Volumen para Eventualidades y/o Emergencia**

La reserve para incendio se hara con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo a la demanda de agua para incendios.

## **4.24 Capacidad Mínima**

La capacidad mínima de almacenamiento está compuesta por:

- Volumen compensador.
- Reserva para eventualidades o emergencia.
- Reserva para combatir incendios.

Por tanto el volumen de almacenamiento se calcula:

$$V_T = VC + VR + VI$$



Donde:

$V_T$ : Volumen Total ( $m^3$ , gpm, lts)

$V_C$ : Volumen de Compensación por variaciones horarias

$V_R$ : Volumen de reserva

$V_I$ : Volumen Contra Incendio

#### **4.25 Localización**

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizado en zonas próximas al poblado y estimándose en cuanto a la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicio aceptables en puntos de distribución.

#### **4.26 Tratamiento**

Si la calidad del agua satisface las normas recomendadas deberá someterse a tratamiento de potabilización. Toda agua que se utiliza para consumo humano debe someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante la distribución.

La mayoría de las aguas superficiales requieren en mayor o en menor grado de algún tratamiento para cumplir con los requisitos de potabilización y en consecuencia los sistemas de agua potable poseen plantas de tratamiento (como mínimo cloración).

Desde hace décadas, el cloro ha sido uno de los desinfectantes más importantes, su uso se extiende en todo el mundo, jugando un papel esencial en el tratamiento del agua.

Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las principales propiedades residuales duraderas que previenen el crecimiento microbiano y dan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

#### **4.27 Cloración**

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente agua libres de organismos patógenos, que evite brotes epidémicos de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química más económica y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

En el caso de Acueductos Rurales se utiliza para la desinfección, el cloro en forma de hipocloritos, por su facilidad de manejo y aplicación.

La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante o bien una bomba dosificadora.

Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

#### **4.28 Volumen Dosificador**

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer:

$$A = \frac{B * Q}{C * 10}$$

Dónde:

A: Cantidad de solución diluida a agregar, en ml/min.

B: Dotación de cloro igual a 1.5 mg/lt.

Q: Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el periodo de diseño (CMD) en litros/minutos.

C: Concentración de la solución (1%).

Con los datos obtenidos para el volumen dosificador (ml/min) cualquiera, se puede calcular el volumen de almacenamiento para un día, mes o año. Como máximo se calculará para un mes, pero deben preparar cada semana para evitar que el cloro pierda su capacidad desinfectante (se vence).

$$V_{dia} = Volumen\ dosificador * \frac{1440\ min}{dia} * \frac{1\ lts}{1000ml}$$

EN el mercado nicaragüense las soluciones de cloro se venden en presentaciones de 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución del 12% necesaria para preparar una solución al 1% de concentración, que es la que nos permite calcular la dosificación del aparato inyector, para esto se emplea la siguiente formula:

$$V_{12\%} * C_{12\%} = V_{1\%} * C_{1\%}$$

Dónde:

V12%: Volumen de solución al 12% (ml).

V1%: Volumen de la solución al 1% (ml).

C12%: Concentración de la solución al 12%.

C1%: Concentración de la solución al 1%.

Despejando  $V_{12\%}$  que el volumen requerido:

$$V_{12\%} = \frac{V_{1\%} * C_{1\%}}{C_{12\%}} = V_{1\%} \frac{1}{2}$$

Para determinar la cantidad de dosificación de cloro, se emplean las ecuaciones antes descritas. Estas se calculan en base a la Proyección de Consumo Máximo Día (CMD) por año.

## V. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

### 5.1 Conceptualización del Proyecto

Para solucionar la problemática de abastecimiento de agua potable en el Barrio Rosario Murillo comunidad de Mateare Municipio de Managua, se propone un sistema Fuente -Tanque - Red.

El proyecto será diseñado para un periodo de 20 años de acuerdo a las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüense INAA. (NTON 09001-99).

Para el cálculo de las poblaciones futuras se utilizó el método de Saturación partiendo de los datos de censo poblacional por medios de los representantes comunitarios o promotores sociales.

### 5.2 Proyección de población

Tabla 6: Viviendas particulares ocupadas, población y promedio de personas por vivienda y hogar, según región geográfica.

Región Geográfica	Viviendas	Población	Persona Por Vivienda
La República	978,335	5,124,891	5.2
Pacífico	540,585	2,768,948	5.1
Central y Norte	312,987	1,640,935	5.2
Atlántico	124,763	715,008	5.7

Fuente: *VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005*

Para la estimación de la población futura de la localidad, se parte de los datos obtenidos de los censos nacionales de población y vivienda realizados 2005. La Tabla 6 muestra que las viviendas nicaragüenses, están compuestas en promedio

de 5.2 personas (5.8 personas en 1995) y en la región del Pacífico 5.1 personas por vivienda.

En el caso de un proyecto de urbanización el número de lotes no varía, por lo tanto la población no variará en gran medida, se asumirá que la urbanización que estará saturada con un conservador índice de 6 habitantes por vivienda, para un período de diseño de 20 años.

Tabla 7: Proyección de la población

Numéro de viviendas	1088,00
Promedio de Habitantes/ vivienda (Indice habitacional)	6
Poblacion de saturacion	6,528
Periodo de diseño	20 años

Fuente: *Censo Realizado*

$P = \text{Indice habitacional} * \text{número de viviendas}$

$P = 6 \text{ hab} * 1088 \text{ viviendas}$

**$P = 6528 \text{ habitantes}$**

### 5.3 Dotaciones de agua para consumo domestico

Tomando en cuenta que el Barrio Rosario Murillo tiene una población mayor a los 5,000 habitantes y menor a 10,000 habitantes, según la norma para ciudades con poblaciones entre el rango de 5,000 – 10,000 habitantes (Ver Tabla 4), se asumirá un consumo doméstico de 25 galones por habitante al día (g/h/d) o 95 litros por habitante por día (l/p/d).

## 5.4 Factores de máximas demandas

A continuación se presentan los resultados de los cálculos realizados para determinar los valores de los caudales requeridos en el periodo de diseño establecido.

### 5.4.1 Consumo Promedio Diario

$$CPD = \left[ \frac{(95 \text{ lt/ hab /d}) * 6528 \text{ hab}}{86,400 \text{ s/d}} \right]$$

$$CPD = 7.18 \text{ lt/s}$$

### 5.4.2 Otros Consumos

#### 5.4.2.1 Consumo Comercial

$$\text{Consumo Comercial} = CPD * 7\%$$

$$\text{Consumo Comercial} = 7.18 * 0.07$$

$$\text{Consumo Comercial} = 0.502 \text{ l/s}$$

#### 5.4.2.2 Consumo Público o Institucional

$$\text{Consumo Publico o Institucional} = CPD * 7\%$$

$$\text{Consumo Comercial} = 7.18 * 0.07$$

$$\text{Consumo Comercial} = 0.502 \text{ l/s}$$

### 5.4.3 Pérdidas en el Sistema

$$\text{Pérdidas en el Sistema} = CPD * 20\%$$

Pérdidas en el Sistema =  $7.18 * 0.20$

**Pérdidas en el Sistema = 1.44 lt/s**

#### **5.4.4 Caudal Máximo Día**

$CMD = CPD * 1.5$

$CMD = 7.18 * 1.5$

**$CMD = 10.77 \text{ l/s}$**

#### **5.4.5 Caudal Máximo Hora**

$CMD = CPD * 2.5$

$CMD = 7.18 * 2.5$

**$CMD = 17.95/\text{s}$**

### **5.5 Configuración del Sistema Propuesto**

El sistema de abastecimiento de agua potable propuesto está ideado para funcionar bajo un esquema operativo del tipo FUENTE-TANQUE-RED.

El diseño se caracterizara de la siguiente manera.

- Fuente y Obra de Toma.
- Obras de captación
- Configuración de la línea de conducción.
- Tanque de Almacenamiento.
- Sistema de Desinfección.
- Red de Distribución.
- Conexiones Domiciliares.



### **5.5.1 Fuente de abastecimiento**

Para satisfacer la demanda de la comunidad su caudal es de 12.20 Lps para el año 2036, El sistema de abastecimiento será mediante una captación subterránea debidamente protegida para garantizar la calidad del agua en su estado natural.

El pozo será perforado por la empresa ENACAL.

La fuente subterránea tiene una capacidad de 600 gpm y está ubicada en la elevación 57 msnm en las coordenadas: E: 565002 N: 1351669.

### **5.5.2 Obras de Captación**

La captación del agua subterránea es por medio de un pozo perforado y se colocará un ademe de acero al carbón de Ø12". Con la instalación de una bomba sumergible de 13.96 HP.

### **5.5.3 Configuración de la línea de Conducción**

La línea de conducción que va del tanque de almacenamiento hasta la red constará de 105 m de tubería PVC SDR-26 de 6", además de la columna de bombeo 37 metros de tubería HG DE 3" diámetro.

## **5.6 Calculo del Diámetro**

El diámetro en la línea de conducción está diseñado para impulsar el flujo desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento de agua potable y luego hacia la red de distribución, este diámetro será capaz de llevar el caudal bombeado cada año, desde el inicio de funcionamiento del sistema hasta el final del periodo de diseño.

### 5.6.1 Cálculo del diámetro económico en la Línea de Conducción

$$\begin{aligned} Q_{\text{diseño}} &= \text{CMD} + \text{Perdidas (LPS)} = 12.20 \\ Q \text{ (m}^3/\text{seg)} &= 0.01220 \\ \text{FACTOR} &= 0.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 0.9 * Q^{0.45} \\ D &= 0.9 * \left( \frac{0.01220 \text{ m}^3}{\text{seg}} \right)^{0.45} \\ D &= 0.124 \text{ m} \sim 4.88 \text{ pulg} \\ D &= 6 \text{ pulg} \end{aligned}$$

### 5.7 Cálculo de la Velocidad

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * d^2}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{diseño}} &= \text{CMD} + \text{Perdidas (LPS)} = 12.20 \\ Q \text{ (m}^3/\text{seg)} &= 0.01220 \\ \text{Diámetro de tubería (Pulg)} &= 6 \\ \text{Diámetro de tubería (Mts)} &= 0.1524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{4 * Q}{\pi * d^2} \\ V &= \frac{4 * 0.01220 \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * (0.1524 \text{ mts})^2} \\ V &= 0.67 \frac{\text{mts}}{\text{seg}} \end{aligned}$$

$$0.6 \text{ m/s} \leq V_{\text{permisible}} \leq 2.00 \text{ m/s}$$

$$0.6 \text{ m/s} \leq 0.67 \text{ m/s} \leq 2.00 \text{ m/s} \therefore \text{SI CUMPLE}$$

### 5.8 Carga Total Dinámica

La carga total dinámica es la altura geométrica entre el nivel inferior y el nivel superior del líquido de agua, considerando la sumatoria de las pérdidas de fricción y pérdidas de accesorios.

Tabla 8: Datos

<b>Nivel Dinamico del Agua (NDA)</b>	19.51 m
<b>Sumergencia (S)</b>	6 m
<b>NTN Tanque</b>	104.72 m
<b>NTN Pozo</b>	105.84 m
<b>Altura de Torre</b>	12 m
<b>Altura de Tanque</b>	6 m
<b>Línea de Conduccion</b>	76.72 m
<b>Coeficiente PVC</b>	150

Fuente: *Propia*

### 5.8.1 Desnivel Topográfico

$$DT = (NTN_{TANQUE} + ALTURA DE TORRE + ALTURA DE TANQUE) - NTN_{POZO}$$

$$DT = (104.72 \text{ m} + 12 \text{ m} + 6 \text{ m}) - 105.84 \text{ m}$$

$$DT = 16.88 \text{ m}$$

### 5.8.2 Carga Estática

$$H_{EST} = NDA + DT$$

$$H_{EST} = 19.51 + 16.88$$

$$H_{EST} = 36.39 \text{ m}$$

### 5.8.3 Longitud de Columna de Bombeo

$$L_{CB} = NDA + S$$

$$L_{CB} = 19.51 + 6$$

$$L_{CB} = 25.507 \text{ m}$$

#### 5.8.4 Pérdidas en la Columna de Bombeo

$$\begin{aligned}H_{CB} &= 5\% L_{CB} \\H_{CB} &= 0.05 \times 25.507 \\H_{CB} &= 1.28 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 5.8.5 Pérdidas en la Línea de Conducción

$$hf = 10.6451 * \frac{Q^{1.852} * L}{C^{1.852} * D^{4.871}}$$

Donde:

Q: Caudal de Diseño = 0.0122 m<sup>3</sup>/s

C: Coeficiente para tubos PVC: 150

L: Línea de Conducción = 76.72 m

D: Diámetro de la tubería (m) = 0.1524 m

$$\begin{aligned}hf &= 10.6451 * \frac{0.0122^{1.852} * 76.72}{150^{1.852} * 0.1524^{4.871}} \\hf &= 0.21\end{aligned}$$

#### 5.8.6 Pérdidas por accesorios

$$\begin{aligned}H_{AC} &= 5\% hf \\H_{AC} &= 0.05 \times 0.21 \\H_{AC} &= 0.010 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 5.8.7 Carga Total Dinámica

$$\begin{aligned}CTD &= H_{EST} + H_{CB} + hf + H_{AC} \\CTD &= 36.39 + 1.28 + 0.21 + 0.010 \\CTD &= 37.88 \text{ m} \sim 124.26 \text{ pies}\end{aligned}$$

## 5.9 Cálculo de la Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \left(\frac{D}{E}\right)}}$$

Donde:

K: coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo para tubos plásticos o de PVC, K = 18

D: diámetro interno del tubo en (m) = 0.1524 m

E: espesor de la tubería (m) = 0.00648 m

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 * \left(\frac{0.1524}{0.00648}\right)}}$$
$$C = 455.86 \text{ m/s}$$

## 5.10 Cálculo del Golpe de Ariete

$$G_A = \frac{C \times V}{g}$$

Donde:

C: Celeridad = 455.86 m/s

V: Velocidad = 0.67 m/s

g: Gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>

$$G_A = \frac{455.86 \times 0.67}{9.8}$$

$$G_A = 31.84$$

### 5.11 Calculo de Sobrepresión de trabajo

$$\begin{aligned}S_p &= G_A + H_{EST} \\S_p &= 31.84 + 36.39 \\S_p &= 67.47 \text{ m}\end{aligned}$$

### 5.12 Resistencia de la Tubería

$$P_t = f \times P_n$$

Donde:

$f$ : Factor de seguridad = 1.05

$P_n$ : Presión de trabajo de la tubería SDR 26 = 112 m.c.a (este valor fue sacado de la norma ASTM-D2241)

$$\begin{aligned}P_t &= 1.05 \times 112 \\P_t &= 117.6 \text{ m.c.a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_t &> S_p \\117.6 &> 67.47 \therefore \textbf{SI CUMPLE}\end{aligned}$$

Por lo tanto se propone una línea de conducción a utilizar tubería PVC de diámetro de 6" SDR-26.

### 5.13 Equipo de Bombeo

La existencia de una estación de bombeo obliga a considerar un determinado lapso diario de funcionamiento de la bomba.

Debiendo por tanto la captación como la línea de conducción ser diseñadas para satisfacer el gasto requerido durante este periodo.

### 5.13.1 Caudal de Bombeo

El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.

$$Q_B = \frac{24}{N} \times Q_{Max.Diario}$$

Donde:

N: 16 Horas

$Q_{Max.Diario}$ : 0.0122 m<sup>3</sup>/s

$$Q_B = \frac{24}{16} \times 0.0122$$
$$Q_B = 0.0183 \text{ m}^3/\text{s} \sim 18.30 \text{ lps} \sim 290.14 \text{ GPM}$$

### 5.13.2 Potencia Hidraulica

$$P_h = \frac{Q_B \times CTD}{3960}$$

Donde:

$Q_B$  : 290.14 GPM

$CTD$ : 124.26 pies

$$P_h = \frac{290.14 \times 124.26}{3960}$$

$$P_h = 9.10 \text{ HP}$$

### 5.13.3 Potencia Real de la Bomba

$$P_B = \frac{P_h}{\eta}$$

Donde:

$P_h$  : 9.10

$\eta$ : Eficiencia 75%

$$P_B = \frac{9.10}{0.75}$$

$$P_B = 12.14 \text{ HP}$$

#### 5.13.4 Potencia del Motor

$$P_B = 1.15 \times P_B$$

$$P_B = 1.15 \times 12.14$$

$$P_B = 13.96 \text{ HP}$$

#### 5.14 Tratamiento

En la siguiente tabla muestra el cálculo de la cantidad de cloro a usarse para la desinfección del agua. La cantidad de hipoclorito de sodio está disponible en proporciones al 12% por lo que prepara una solución al 1% en cada año del Periodo diseño.

Tabla 9: Desinfección

DOSIFICACION DE HIPOCLORITO DE SODIO									
AÑO	POBLACION PROYECTADA (PN)	CMD (LPS)	DOSIS DIARIA (ML/MIN)	VOLUMEN SOLUCION 1% (LTS/DIAS)	TIEMPO DE VACIADO (DIAS) DE UN VIDON	CANTIDADES VACIADAS VIDON DE 1000 (LTS)	CANTIDAD DE SOLUCION 1% x MES (LTS)	CANTIDAD DE HIPOCLORITO AL 12% x MES (LTS)	CANTIDAD DE HIPOCLORITO AL 12% x AÑOS (LTS)
2036	6528	10,770	96,93	139,58	1	41,87	4187,38	348,95	4187

Fuente: *Propia*

#### 5.15 Almacenamientos

##### 5.15.1 Volumen del Compensador

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 25% del consumo promedio diario (CPD)

$$V_C = 25\% \times CPD$$

Donde:

CPD = Consumo Promedio Diario = 124.03 m<sup>3</sup>/dia

$$V_C = 0.25 \times 124.03$$



$$V_C = 31.01$$

### 5.15.2 Volumen de Reserva

El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 15 % del CPD

$$\begin{aligned} V_R &= 15\% \times CPD \\ V_R &= 0.15 \times 124.03 \\ V_R &= 18.60 \end{aligned}$$

### 5.15.3 Volumen de Incendios

Según la norma técnicas para el Diseño de Abastecimiento y potabilización de agua (NTON 09003-99), para el rango de población que tenemos el volumen de incendio = 1 toma lo que equivale a 9 Lt/seg

$$\begin{aligned} V_I &= \frac{9 \times 7200}{1000} \\ V_I &= 64.8 \end{aligned}$$

### 5.15.4 Volumen de Almacenamiento

$$\begin{aligned} V_A &= V_C + V_R + V_I \\ V_A &= 31.01 + 18.60 + 64.8 \\ V_A &= 114.4 \text{ m}^3 \sim 30227.95 \text{ galones} \end{aligned}$$

## **5.16 Diseño Hidráulico de la Red**

### **5.16.1 Presiones obtenidas con el programa EPANET 2.0**

Los datos que se introdujeron en Epanet para efectuarse el análisis son:

- En los nodos: cota de elevación y la demandad nodal.
- En los tramos: diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad.

El procesamiento de los datos está enfocados principalmente a los resultados de la velocidad en los tramos y la presión en cada nodo.

Para la selección de diámetro de la red de distribución se tomaron en cuenta criterios técnicos y económicos para las zonas rurales, el material y longitud de las tuberías.

Se analizó las corridas de Epanet para 3 escenarios

1. Consumo Máximo Día.
2. Consumo Máximo Hora.
3. Demanda cero de los nodos.

Las presiones máximas y mínimas de la red de distribución están entre el rango permitido según las NTON como se muestra en la Tabla .

Tabla 11: Presiones Máximas y Mínimas

ANÁLISIS OBTENIDO DE LA SIMULACION EFECTUADA EN EL PROGRAMA				
Condición	Año	Presión	Nodo	mca
CMD	2036	Maxima	64	35.32
		Minima	4	13.37
CMH	2036	Maxima	64	35.32
		Minima	4	16.49
SV	2036	Maxima	64	35.32
		Minima	63	17

Fuente: *EPANET*

A continuación se muestran los gráficos obtenidos en la simulación efectuada en el programa EPANET para cada condición de diseño y las tablas de resultados en cada nodo y longitud de tubería.

#### 5.16.1.1 Dimensionamiento de la red de distribución

Las longitudes y los diámetros propuestos para cada tramo de la línea de distribución propuesta se definieron después de varias pruebas con diferentes diámetros en cada una de las condiciones de análisis, tomando en cuenta los parámetros de diseño a acatar de acuerdo a las normas INAA, como son las velocidades presiones o diámetros permisibles.

En su totalidad, serán instalados 6,028.34 ml de tubería de PVC, de los cuales 1,060.04 ml corresponden a tubería de Ø 1 ½", 2,795.69 ml corresponde a tubería de Ø 2", 1,981.02 ml corresponde a tubería de Ø 3", 121.26 ml corresponde a tubería de Ø 4" y 70.33 ml corresponde a tubería de Ø 6" todas estas tuberías son cedula SDR 26, las cuales son según normas ASTM D-2241 son capaces de trabajar bajo una presión máxima de 11.2 kg/cm².

## 5.17 COSTO Y PRESUPUESTO DE LA OBRA

El Presupuesto total de la obra es de C\$ 21, 998,106.84 tal y como lo muestra la tabla n° 15

FORMULARIO DE OFERTA DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE - BARRIO ROSARIO MUTILLO					
ALCALDIA DE NAGAROTE					
ETAPA	ACTIVIDAD	U.M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO TOTAL (C\$)
<b>1</b>	<b>PRELIMNARES</b>				1.252.375,00
1,1	TRAZO Y NIVELACION	MI	3024	389,06	1.176.525,00
1,2	ROTULO ALUSIVO AL PROYECTO	C/U	1,00	10.850,00	10.850,00
1,3	FACILIDADES TEMPORALES	GLB	1,00	65.000,00	65.000,00
<b>2</b>	<b>RED DE DISTRIBUCION</b>				
<b>2,1</b>	<b>EXCAVACION MANUAL 0 A 1.50 m</b>				471.120,00
2,1,1	EXCAVACION EN SUELO NORMAL	M³	2.416,00	195,00	471.120,00
<b>3</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACION MANUAL</b>				574.957,00
3,1	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL DEL SITIO	M³	2.182,00	263,50	574.957,00
<b>4</b>	<b>PRUEBAS HIDROSTATICAS EN TUBERIA DE Ø ≤ 6"</b>	C/U	10,00	3.424,97	34.249,70
4,1	BOTAR MATERIAL SOBRANTE A 5 KM	M³	599,00	200,00	119.800,00
<b>5</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA</b>				701.783,40
5,1	TUBERIA DE 2" PVC SDR-26	ML	2.795,69	94,91	265.351,25
5,2	TUBERIA DE 11/2" PVC SDR-26	ML	1.060,04	68,18	72.274,19
5,3	TUBERIA DE 3" PVC SDR-26	ML	1.981,02	152,64	302.380,78
5,4	TUBERIA DE 4" PVC SDR-26	ML	121,26	250,10	30.327,17
5,5	TUBERIA DE 6" PVC SDR-26	ML	70,33	447,18	31.450,01
<b>6</b>	<b>CASETAS</b>				266.959,74
6,1	Construcción de Caseta del Operador	C/U	1,00	114.927,00	114.927,00
6,2	Construcción de Caseta de Controles eléctricos	C/U	1,00	84.480,33	84.480,33
6,3	Construcción de Caseta de Cloración	C/U	1,00	67.552,40	67.552,40
<b>7</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	C/U	1,00		11.953.692,43
7,1	Construccion de Tanque sobre base metalica Cap. 30227,95 Gln	C/U	1,00	11.953.692,43	11.953.692,43
<b>8</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE HIDRANTE DE 4" CON DOS BOCAS DE 2 1/2"</b>				42.575,71
8,1	INSTALACION DE HIDRANTE DE 4"	C/U	1,00	42.575,71	42.575,71
<b>9</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS Y ACCESORIOS</b>				57.532,80
9,1	VALVULAS HF -COMPUERTA - Ø 2" - PUSH - ON EN LA RED	C/U	1,00	4.180,39	4.180,39
9,2	VALVULAS HF -EXTREMOS LISO - Ø 3"	C/U	1,00	5.506,80	5.506,80
9,3	VALVULAS HF -COMPUERTA - Ø 4" - EXTREMO LISO	C/U	4,00	6.400,85	25.603,40
9,4	VALVULAS HF -COMPUERTA - Ø 6" - EXTREMO LISO	C/U	3,00	7.414,07	22.242,21
<b>10</b>	<b>EQUIPOS DE BOMBEO</b>				881.764,62
10,1	Suministro e Instalacion de Equipos de Bombeo según Especificaciones Técnicas (2) bombas centrífugas de 4 HP, (1) bomba	c/u	1,00	154.247,63	154.247,63
10,2	Bomba Centrífuga accionada por Combustión Diessel, Caudal 100GPM, CTD 185, HP 10, Marca STA RITE o Similar	c/u	1,00	708.977,75	708.977,75
10,3	Bomba Tipo Jockey, Capacidad 10 GPM, HP 1	c/u	1,00	18.539,24	18.539,24
<b>11</b>	<b>POZO PERFORADO DE AGUA POTABLE</b>				437.901,66
11,1	Movilización de maquinaria	Glb	1,00	46.660,27	46.660,27
11,2	Montaje y desmontaje de maquinaria	Glb	1,00	15.553,32	15.553,32
11,3	Perforación en suelo compacto	pies		1.073,22	0,00
11,4	Perforación en roca	pies		1.788,70	0,00
11,5	Tubería ciega PVC SDR-26 Ø6"	pies		155,62	0,00
11,6	Tubería ranurada PVC SDR-26 Ø6"	pies		217,62	0,00
11,7	Entubación del Revestimiento, tubería de engrave y piezometrica, todo en PVC	pies		90,21	0,00
11,8	Empaque de grava de río	m³		2.628,49	0,00
11,9	Limpieza y desarrollo con compresor	horas		3.888,33	0,00
11,10	Colocación de sello sanitario	pies		367,04	0,00
11,11	Construcción de base para equipo de bombeo	Glb		7.341,11	0,00
11,12	Prueba de bombeo 12 horas (incluye análisis fisicoquímico y bacteriológico)	horas		4.261,26	0,00
11,13	Instalacion de bomba sumergible de eje vertical de 2 HP, Q=10 gal/min, CTD= 350 pies incluye motor, caja de controles eléctricos, panel de control, cable sumergible valvulerias de sarta y accesorios, filtros, clorinador, tuberías de descarga, succión y conexiones, valvulerias para automatización del sistema	Gbl	1,00	375.688,07	375.688,07
	A. TOTAL COSTOS DIRECTOS				C\$16.760.462,36
	B. COSTOS INDIRECTOS 25% DE (A)				C\$4.190.115,59
	C. SUB TOTAL(A+B)				C\$20.950.577,94
	D. UTILIDAD 5% DE ©				C\$1.047.528,90
	COSTO TOTAL VENTA SIN IVA				C\$21.998.106,84

## CONCLUSIONES

1. El estudio y diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, para la comunidad del Barrio Rosario Murillo, Municipio de, Se ha efectuado adaptando las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable (NTON 09003-99)” emitidas por el INAA.
2. La fuente de abastecimiento del Barrio Rosario Murillo es de un pozo que será perforado por el método rotativo por la empresa de ENACAL tendrá un caudal de 600 gpm proyectado en el año 2036, El arreglo para el sistema es de tipo **Fuente –Tanque–Red** en base al levantamiento topográfico realizado.
3. La red de distribución propuesta se extiende una longitud de 1,981.02 MI de tubería PVC SDR-26, diámetro 3”, 2,795.69 ml de tubería PVC SDR-26 de 2” de diámetro, 1,060.04 ml de tubería PVC SDR-26 de 1 1/2” de diámetro, 121.26 ml de tubería PVC SDR-26 de 4” de diámetro y 70.33 ml de tubería PVC SDR-26 de 2” de diámetro. Para una longitud total de 6,028.34 ml de tuberías.
4. Según resultados del análisis hidráulico en la red de distribución propuesta, con el programa Epanet, bajo las condiciones del **Consumo de Máximo Hora** las presiones y la velocidades cumplen con las Normas del INAA obteniendo como las presiones del sistema que varía entre 16.49 m.c.a a 35.32 m.c.a por lo que no se requiere de ningún tipo de dispositivo regulador de presión, así mismo se analizaron las velocidades y la mayoría de estas se encuentran por debajo de lo estipulado en la norma, lo que requiere válvula de limpieza.
5. El costo total de las obras del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad del Barrio Rosario Murillo, asciende a **C\$ 21, 998,106.84** córdobas nacionales.

## RECOMENDACIONES

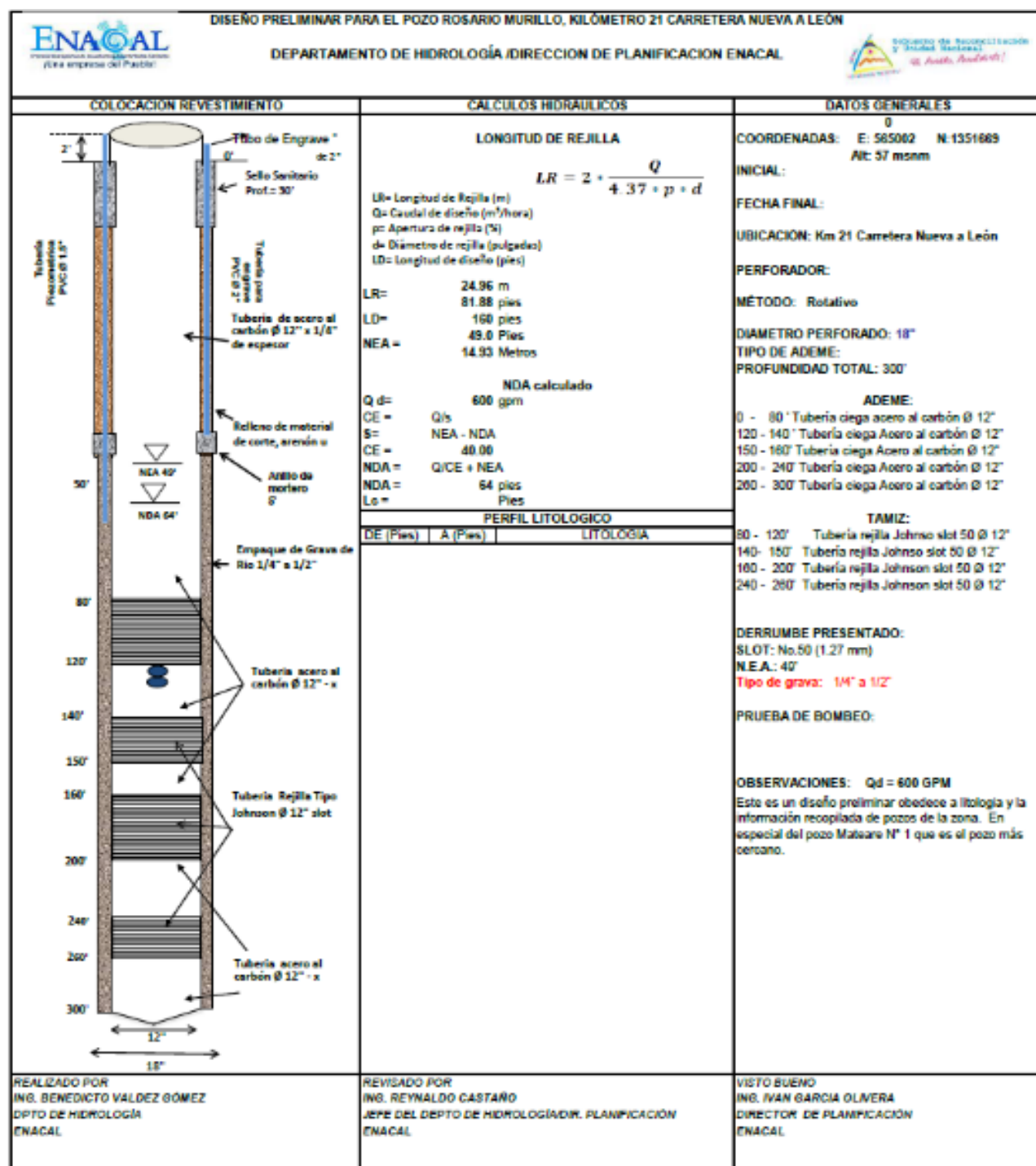
1. Se recomienda construir el sistema de abastecimiento de agua a como ha sido diseñado, y así asegurar que se dote a la comunidad de un servicio eficiente, continuo y sanitariamente seguro.
2. Se aconseja principalmente que todos los materiales a utilizar, ya sea tubería o accesorios, cumplan con especificaciones técnicas similares a las establecidas por entidades como la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M) o de calidad superior tal como la International Organization for Standardization (ISO).
3. Se sugiere capacitar debidamente al personal el cual estará a cargo de la fase de operación y mantenimiento del sistema, así como también en los aspectos Legales, económicos y administrativos para lograr la sostenibilidad del sistema, durante su vida útil, hasta el año 2036.
4. Dar mantenimiento periódico al sistema de abastecimiento para cumplir con un funcionamiento eficiente durante el periodo de diseño, así mismo realizar análisis de la calidad del agua al menos 2 veces al año.
5. Se debe de realizar un estudio de impacto ambiental de acuerdo a lo que establece la ley 217 **“LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES”** para determinar los impactos en la fuente que tendrá la futura construcción del sistema de alcantarillado sanitario en la comunidad.
6. Se recomienda el humedecimiento constante de la zona de trabajo, ya que durante etapa de excavación es probable que se incrementen las partículas y polvo debido a los movimientos de tierra durante la ejecución de la zanja.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. 1999. Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua. ENACAL (NTON 09 003).
2. 1977. Abastecimiento de agua potable (Libro) / aut. Simón Arocha Ravelo. – Caracas Venezuela
3. 2015. Diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para el proyecto de urbanización “Villa Castellón” Departamento de León, Nicaragua (Monografía) / aut. Ing. Martha Lourdes Rodriguez. – Managua Nicaragua
4. 2013. Ley General de Aguas Nacionales Ley N° 620 y Reglamento de la Ley General de Aguas Nacionales Decreto N° 44-2010 / aut. Autoridad Nacional del Agua ANA. – Managua Nicaragua
5. 2016. Diseño de Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico en la comunidad de Santa Teresa de Guasuyuca, del municio de Pueblo Nuevo, Departamento de Esteli. – Managua Niacaragua

## ANEXOS

Imagen 2: Diseño del pozo  
Fuente: Enacal





### Imagen 3: Certificado de Calidad del Agua



#### INFORME

#### EVALUACION DE CALIDAD DEL AGUA PP ROSARIO MURILLO ENACAL 2016 MUNICIPIO DE MATEARE, DPTO DE MANAGUA

##### I. OBJETIVOS:

Evaluar la calidad del agua de fuentes nuevas respecto a parámetros bacteriológico, físico-químico, Arsénico y metales pesados.

##### PERSONAL PARTICIPANTE:

Ing. Yara Midence L.  
Calidad del Agua

Rpble. Superv e Investig

Fecha de monitoreo: 17 de Julio del 2016

##### II. CONSIDERACIONES GENERALES

Se realiza este monitoreo a solicitud de la Gerencia de Perforación de Pozos, como parte del cumplimiento del Plan Contingente del Gobierno a través de ENACAL; para dar respuesta a las necesidades del vital líquido de la Comunidad Rosario Murillo.

Este pozo, cuya profundidad es de 350 pie, proporciona un caudal de 900 gpm y abastecerá a 860 viviendas.

##### III. TRABAJO REALIZADO

##### 1. Lectura de parámetros de campo

Los parámetros de campo determinados se muestran en la Tabla No.1.

Tabla No.1

Punto de captación	Hora de captación	Temperatura a °C	Conductividad $\mu S/cm$	pH
PP Rosario Murillo ENACAL 2016	10:30 am	30.0	383.7	8.1
NORMA CAPRE	--	18-32	+400	6.5-8.5

(\*): Valor recomendado



Fuente: Enacal

## Imagen 4: Certificado de Calidad del Agua

### 2. Captación de muestras

Se capturaron muestras para análisis bacteriológicos, físico-químicos, Arsénico y metales pesados.

### IV. EVALUACION DE RESULTADOS DE LABORATORIO

#### Análisis físico-químicos

El PP Rosario Murillo ENACAL 2016, cumple con las Normas CAPRE en todos los parámetros físico-químicos analizados, reportando hierro de 0.019 mg/L, siendo la Norma 0.3 mg/L.

#### Análisis bacteriológicos

Se reportan Coliformes totales y Coliformes fecales de 0 (cero) UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias en 100 mililitros, cumpliendo con las Normas CAPRE.

#### Arsénico y metales pesados

Se tienen resultados de Arsénico 5.92 µg/L, Plomo 0.22 µg/L, Cobre, Manganeseo y Zinc <LDM (menores que el límite de detección; cumpliendo todos con las Normas CAPRE (10 µg/L para el Arsénico y Plomo, 2.0 mg/L para Cobre, 0.5 mg/L para Manganeseo y 3.0 mg/L para Zinc.

### V. CONCLUSIONES

El PP Rosario Murillo ENACAL 2016, cumple con las Normas CAPRE en todos los parámetros, bacteriológicos, físico-químicos, Arsénico y metales pesados analizados

Elaborado por:

Ing. Yara Miden  
Rpble. Superv. Calidad del Agua

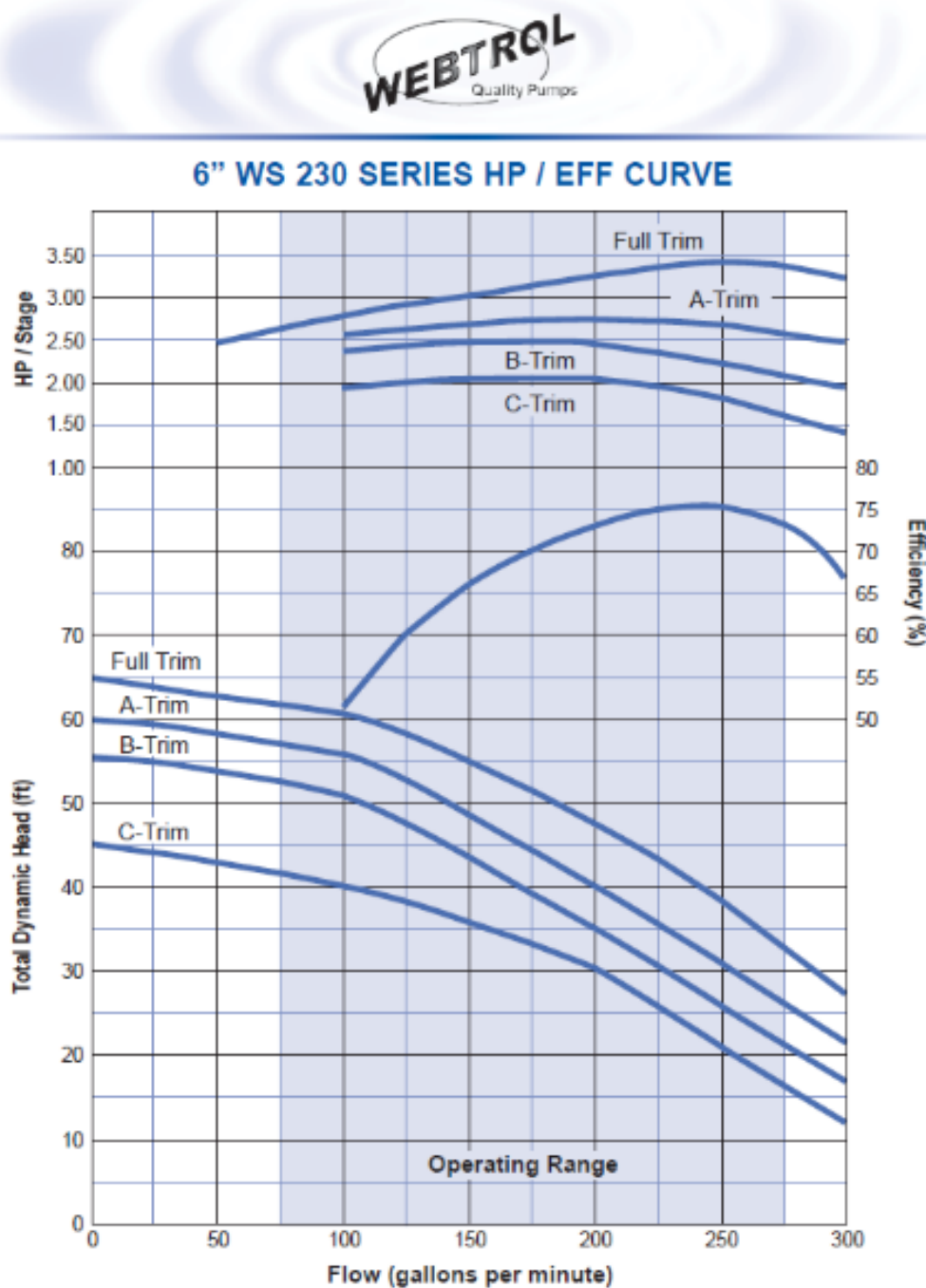


Revisado por:

Ing. Martín Brenes S.  
Gerente Ambiental

Fuente: Enacal

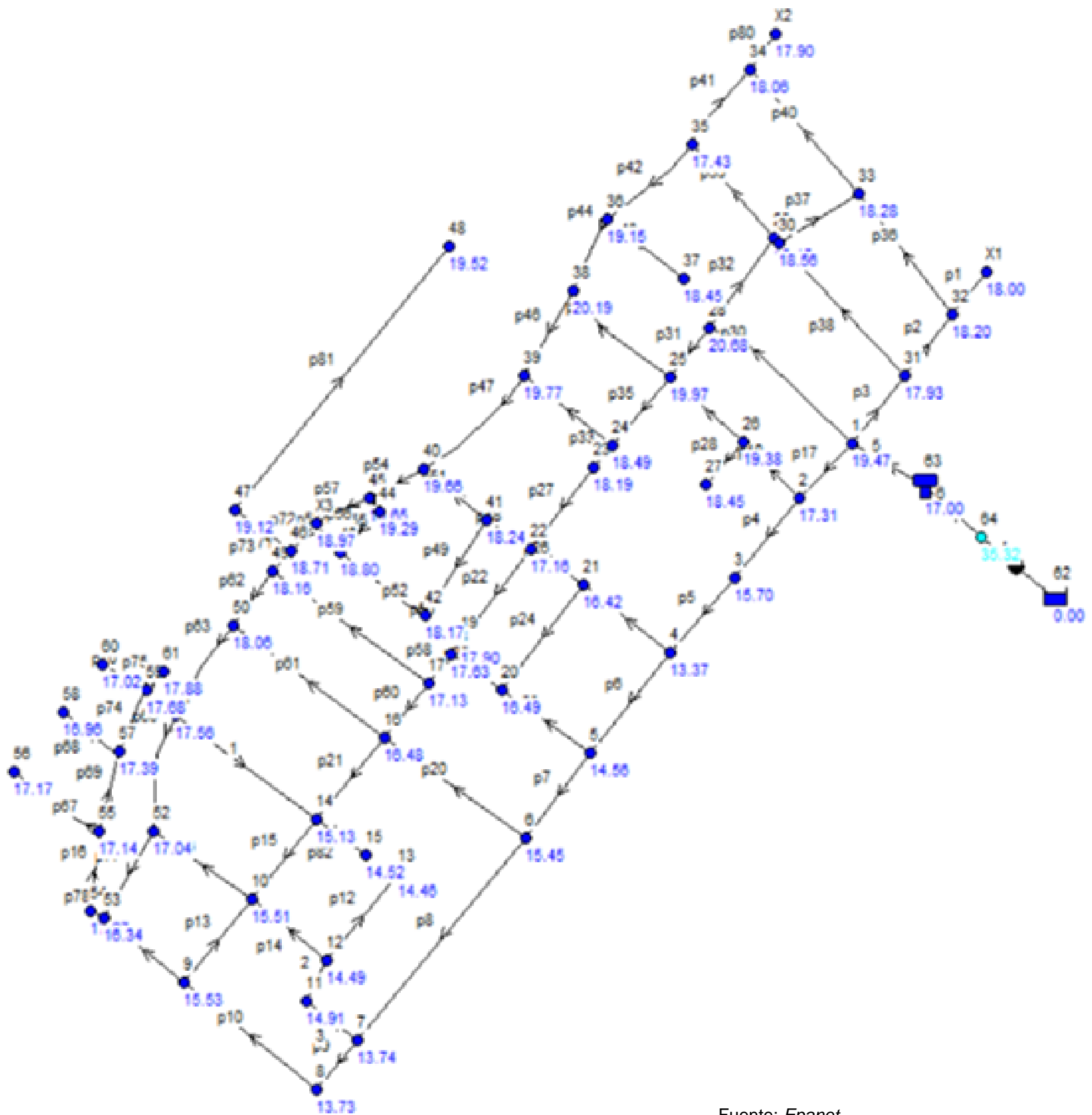
Imagen 5: Curva Característica de la Bomba



Fuente: Webtrol

Tabla 10: Distribución de gastos o consumo concentrados La distribución nodal de los consumos calculados Demanda Nodales							
NOD O	ELEVACIO N	#VIVIENDA S	HABIT./VIVI E	POBLACIO N	CONSUMO DOMICILIAR CONSUMO DOMESTICO PROMEDIO LPS	LINEA DE CONDUCCION  CMD= 1.5 CPD  LPS	RED DE DISTRIBUCCION  CMH= 2.5 CPD  LPS
1	100,92	0	6	0	0,00	0,00	0,00
2	102,27	7	6	42	0,05	0,07	0,12
3	102,44	15	6	90	0,10	0,15	0,25
4	103,50	12	6	72	0,08	0,12	0,20
5	102,05	13	6	78	0,09	0,13	0,21
6	100,98	19	6	114	0,13	0,19	0,31
7	101,96	12	6	72	0,08	0,12	0,20
8	101,92	6	6	36	0,04	0,06	0,10
9	100.00	11	6	66	0,07	0,11	0,18
10	99,99	18	6	108	0,12	0,18	0,30
11	100,76	7	6	42	0,05	0,07	0,12
12	101,16	18	6	108	0,12	0,18	0,30
13	101,12	9	6	54	0,06	0,09	0,15
14	100,42	19	6	114	0,13	0,19	0,31
15	101,02	4	6	24	0,03	0,04	0,07
16	99,27	27	6	162	0,18	0,27	0,45
17	98,72	17	6	102	0,11	0,17	0,28
18	98,49	7	6	42	0,05	0,07	0,12
19	98,49	9	6	54	0,06	0,09	0,15
20	99,90	19	6	114	0,13	0,19	0,31
21	100,12	16	6	96	0,11	0,16	0,26
22	99,38	18	6	108	0,11875	0,18	0,30
23	98,82	20	6	120	0,13	0,20	0,33
24	98,66	15	6	90	0,10	0,15	0,25
25	97,97	18	6	108	0,12	0,18	0,30
26	99,40	12	6	72	0,08	0,12	0,20
27	100,33	5	6	30	0,03	0,05	0,08
28	98,14	37	6	222	0,24	0,37	0,61
29	99,50	15	6	90	0,10	0,15	0,25
30	99,50	17	6	102	0,11	0,17	0,28
31	100,49	17	6	102	0,11	0,17	0,28
32	99,99	14	6	84	0,09	0,14	0,23
33	98,79	28	6	168	0,18	0,28	0,46
34	98,50	14	6	84	0,09	0,14	0,23
35	99,25	16	6	96	0,11	0,16	0,26
36	97,51	17	6	102	0,11	0,17	0,28
37	98,18	6	6	36	0,04	0,06	0,10
38	96,46	14	6	84	0,09	0,14	0,23
39	96,78	17	6	102	0,11	0,17	0,28
40	96,68	13	6	78	0,09	0,13	0,21
41	98,14	16	6	96	0,11	0,16	0,26
42	98,11	17	6	102	0,11	0,17	0,28
43	97,39	8	6	48	0,05	0,08	0,13
44	96,97	2	6	12	0,01	0,02	0,03
45	96,62	4	6	24	0,03	0,04	0,07
46	97,02	4	6	24	0,03	0,04	0,07
47	96,50	17	6	102	0,11	0,17	0,28
48	96.00	13	6	78	0,09	0,13	0,21
49	97,49	15	6	90	0,10	0,15	0,25
50	97,56	21	6	126	0,14	0,21	0,35
51	98,00	22	6	132	0,15	0,22	0,36
52	98,39	19	6	114	0,13	0,19	0,31
53	98,97	8	6	48	0,05	0,08	0,13
54	97,64	4	6	24	0,03	0,04	0,07
55	97,86	13	6	78	0,09	0,13	0,21
56	97,77	8	6	48	0,05	0,08	0,13
57	97,49	11	6	66	0,07	0,11	0,18
58	97,90	6	6	36	0,04	0,06	0,10
59	97,18	7	6	42	0,05	0,07	0,12
60	97,84	4	6	24	0,03	0,04	0,07
61	96,98	1	6	6	0,01	0,01	0,02
x3		4	6	24	0,03	0,04	0,07
x1				858	0,94	1,42	2,36
x2				858	0,94	1,42	2,36

### Figura 8: Consumo Máximo Día



Fuente: *Epanet*

Tabla 11: Consumo Maximo Dia

CMD			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p3	100	-15.21	1.94
Tubería p2	150	-13.07	0.74
Tubería p35	75	-3.98	0.90
Tubería p33	75	-3.20	0.72
Tubería p27	75	-2.84	0.64
Tubería p1	75	-2.55	0.58
Tubería p38	75	-1.84	0.42
Tubería p31	50	-1.80	0.92
Tubería p37	50	-1.54	0.78
Tubería p22	75	-1.45	0.33
Tubería p46	75	-1.38	0.31
Tubería p72	75	-1.33	0.30
Tubería p58	50	-1.27	0.65
Tubería p79	37.5	-0.96	0.87
Tubería p62	75	-0.90	0.20
Tubería 3	75	-0.85	0.19
Tubería p71	50	-0.73	0.37
Tubería 2	75	-0.73	0.16
Tubería p21	50	-0.61	0.31
Tubería p60	50	-0.53	0.27
Tubería p73	50	-0.53	0.27
Tubería p41	50	-0.49	0.25
Tubería p24	50	-0.48	0.25
Tubería p56	50	-0.48	0.24
Tubería p77	50	-0.46	0.23
Tubería p15	50	-0.25	0.13
Tubería p14	37.5	-0.25	0.22
Tubería p68	37.5	-0.11	0.10
Tubería p43	37.5	-0.11	0.10
Tubería p28	37.5	-0.09	0.08
Tubería 1	37.5	-0.05	0.04
Tubería p26	50	-0.01	0.01
Tubería p75	50	0.02	0.01
Tubería p70	37.5	0.07	0.06
Tubería p82	37.5	0.07	0.06
Tubería p44	50	0.10	0.05
Tubería p51	37.5	0.14	0.12
Tubería p67	37.5	0.14	0.13
Tubería p12	37.5	0.16	0.14
Tubería p13	50	0.18	0.09
Tubería p74	50	0.21	0.11
Tubería p81	50	0.23	0.12
Tubería p23	37.5	0.29	0.27
Tubería p50	37.5	0.33	0.30
Tubería p66	50	0.35	0.18
Tubería p61	50	0.36	0.18
Tubería p49	50	0.39	0.20
Tubería p52	50	0.41	0.21
Tubería p25	37.5	0.43	0.39
Tubería p59	50	0.44	0.22
Tubería p65	50	0.45	0.23
Tubería p34	37.5	0.50	0.46
Tubería p42	75	0.51	0.12
Tubería p55	50	0.52	0.26
Tubería p69	50	0.52	0.26
Tubería p76	50	0.64	0.33
Tubería p57	37.5	0.65	0.59
Tubería p53	37.5	0.75	0.68
Tubería p19	50	0.76	0.39
Tubería p48	50	0.81	0.41
Tubería p63	75	0.89	0.20
Tubería p16	50	0.89	0.45
Tubería p20	50	0.91	0.46
Tubería p78	75	0.96	0.22
Tubería p10	75	1.02	0.23
Tubería p9	75	1.13	0.26
Tubería p54	75	1.24	0.28
Tubería p36	50	1.27	0.65
Tubería p39	50	1.29	0.66
Tubería p45	50	1.53	0.78

CMD			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p32	50	1.56	0.80
Tubería p47	75	1.58	0.36
Tubería p8	75	2.18	0.49
Tubería p40	75	2.31	0.52
Tubería p80	75	2.55	0.58
Tubería p7	100	3.44	0.44
Tubería p6	100	3.96	0.50
Tubería p29	75	4.02	0.91
Tubería p30	75	4.02	0.91
Tubería p18	75	4.32	0.98
Tubería p5	75	4.93	1.12
Tubería p4	75	5.20	1.18
Tubería p17	100	9.64	1.23
Tubería 6	150	12.19	0.69
Bomba 4	No Disponible	12.19	0.00
Tubería 5	150	28.87	1.63

Fuente: *Epanet*

Figura 9: Consumo Máximo Hora

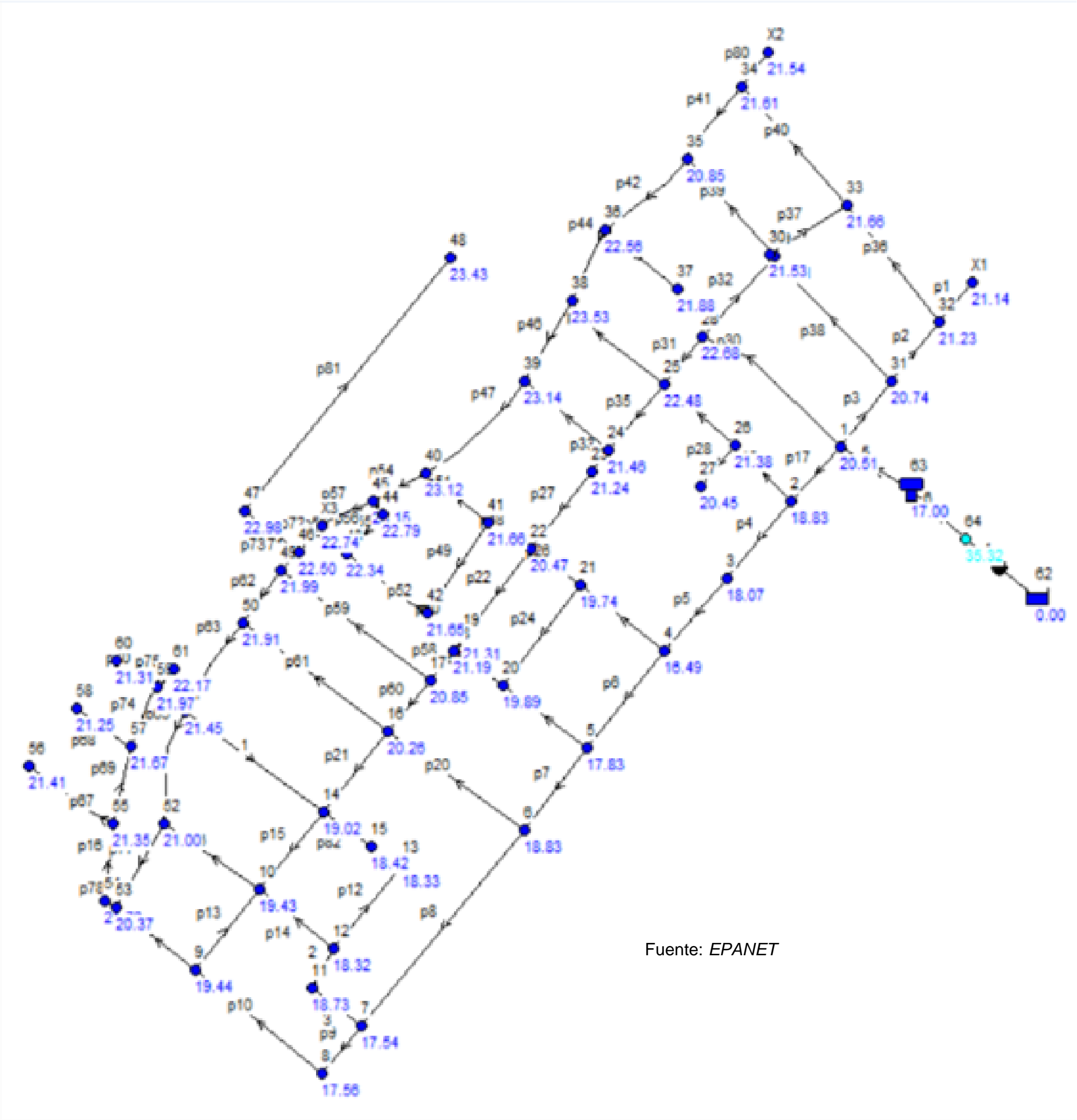




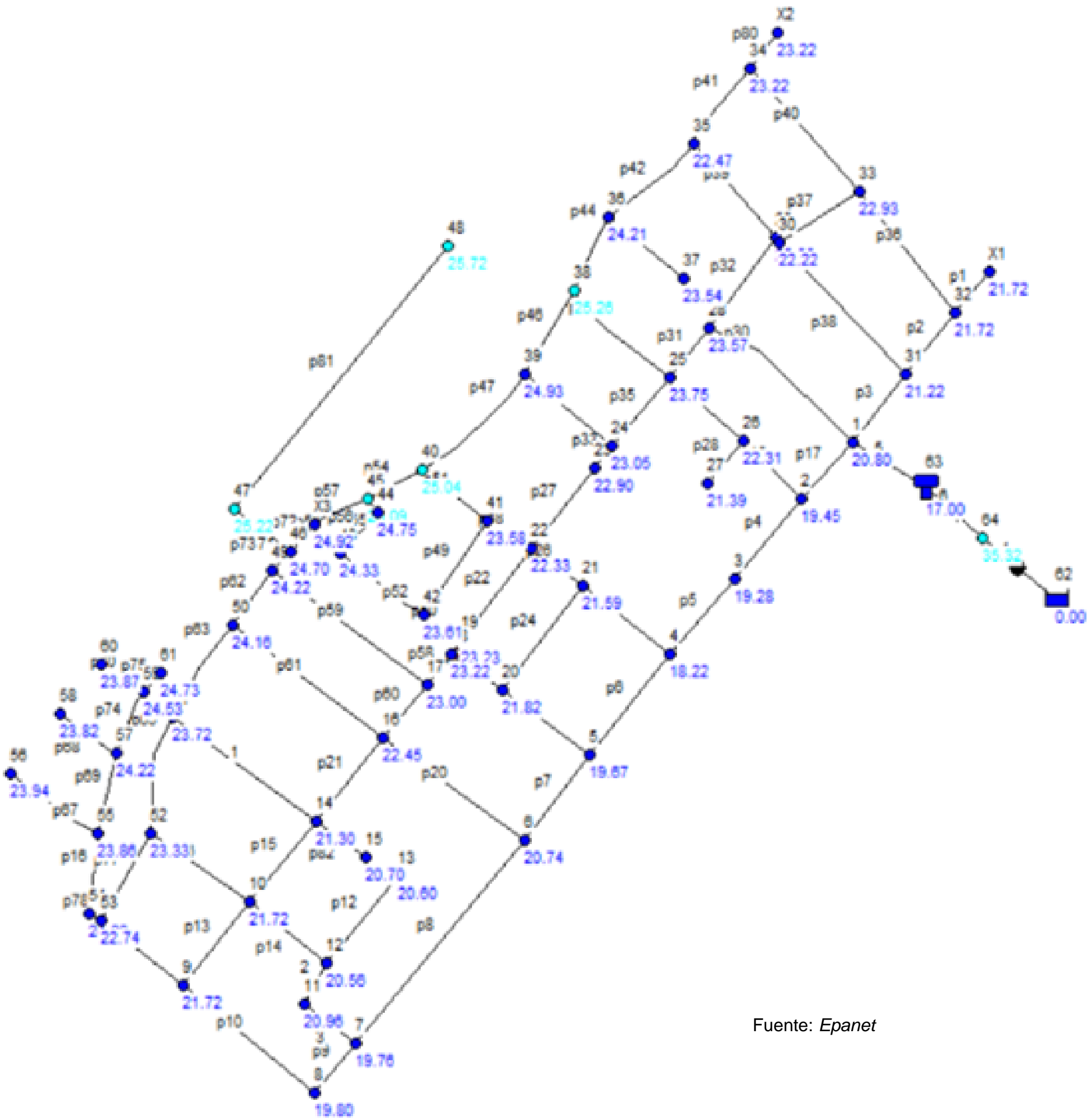
Tabla 12: Consumo Maximo Hora

CMH			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p3	100	-4.32	0.55
Tubería p2	150	-2.79	0.16
Tubería p35	75	-2.48	0.56
Tubería p33	75	-2.04	0.46
Tubería p27	75	-1.82	0.41
Tubería p1	75	-1.60	0.36
Tubería p38	75	-1.34	0.30
Tubería p37	50	-1.15	0.59
Tubería p31	50	-1.13	0.57
Tubería p46	75	-1.10	0.25
Tubería p22	75	-0.89	0.20
Tubería p72	75	-0.86	0.20
Tubería p58	50	-0.79	0.40
Tubería p79	37.5	-0.60	0.55
Tubería p62	75	-0.58	0.13
Tubería 3	75	-0.53	0.12
Tubería p71	50	-0.48	0.25
Tubería 2	75	-0.45	0.10
Tubería p21	50	-0.38	0.19
Tubería p73	50	-0.34	0.17
Tubería p60	50	-0.33	0.17
Tubería p56	50	-0.33	0.17
Tubería p24	50	-0.30	0.15
Tubería p77	50	-0.29	0.15
Tubería p15	50	-0.16	0.08
Tubería p14	37.5	-0.15	0.14
Tubería p43	37.5	-0.07	0.06
Tubería p68	37.5	-0.07	0.06
Tubería p28	37.5	-0.06	0.05
Tubería 1	37.5	-0.03	0.03
Tubería p26	50	-0.02	0.01
Tubería p75	50	0.01	0.01
Tubería p51	37.5	0.03	0.03
Tubería p82	37.5	0.04	0.04
Tubería p70	37.5	0.04	0.04
Tubería p67	37.5	0.09	0.08
Tubería p12	37.5	0.10	0.09
Tubería p13	50	0.11	0.05
Tubería p41	50	0.11	0.06
Tubería p74	50	0.13	0.07
Tubería p81	50	0.15	0.08
Tubería p23	37.5	0.18	0.16
Tubería p50	37.5	0.18	0.17
Tubería p66	50	0.22	0.11
Tubería p61	50	0.22	0.11
Tubería p52	50	0.24	0.12
Tubería p49	50	0.25	0.13
Tubería p25	37.5	0.27	0.24
Tubería p59	50	0.27	0.14
Tubería p34	37.5	0.28	0.25
Tubería p65	50	0.28	0.14
Tubería p69	50	0.32	0.16
Tubería p55	50	0.35	0.18
Tubería p44	50	0.38	0.19
Tubería p76	50	0.40	0.20
Tubería p57	37.5	0.42	0.38
Tubería p48	50	0.46	0.23
Tubería p19	50	0.46	0.23
Tubería p53	37.5	0.48	0.44
Tubería p16	50	0.56	0.29
Tubería p63	75	0.56	0.13
Tubería p20	50	0.56	0.29
Tubería p78	75	0.60	0.14
Tubería p10	75	0.63	0.14
Tubería p42	75	0.64	0.15
Tubería p9	75	0.70	0.16
Tubería p39	50	0.71	0.36
Tubería p54	75	0.81	0.18
Tubería p32	50	0.88	0.45
Tubería p45	50	0.88	0.45

CMH			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p36	50	1.03	0.53
Tubería p47	75	1.19	0.27
Tubería p8	75	1.36	0.31
Tubería p80	75	1.60	0.36
Tubería p40	75	1.87	0.42
Tubería p7	100	2.13	0.27
Tubería p30	75	2.41	0.55
Tubería p29	75	2.44	0.55
Tubería p6	100	2.46	0.31
Tubería p18	75	2.63	0.59
Tubería p5	75	3.05	0.69
Tubería p4	75	3.22	0.73
Tubería p17	100	5.92	0.75
Tubería 6	150	12.19	0.69
Bomba 4	No Disponible	12.19	0.00
Tubería 5	150	12.66	0.72

Fuente: *Epanet*

### Figura 10: Consumo Cero



Fuente: *Epanet*

Tabla 13: Consumo Cero

CAUDAL = 0			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p2	150	0.00	0.00
Tubería p66	50	0.00	0.00
Tubería p30	75	0.00	0.00
Tubería p29	75	0.00	0.00
Tubería p18	75	0.00	0.00
Tubería p50	37.5	0.00	0.00
Tubería p41	50	0.00	0.00
Tubería p72	75	0.00	0.00
Tubería p40	75	0.00	0.00
Tubería p46	75	0.00	0.00
Tubería p62	75	0.00	0.00
Tubería p71	50	0.00	0.00
Tubería p51	37.5	0.00	0.00
Tubería p45	50	0.00	0.00
Tubería p55	50	0.00	0.00
Tubería p73	50	0.00	0.00
Tubería p28	37.5	0.00	0.00
Tubería p1	75	0.00	0.00
Tubería p53	37.5	0.00	0.00
Tubería p77	50	0.00	0.00
Tubería p82	37.5	0.00	0.00
Tubería p68	37.5	0.00	0.00
Tubería p67	37.5	0.00	0.00
Tubería p81	50	0.00	0.00
Tubería p43	37.5	0.00	0.00
Tubería p25	37.5	0.00	0.00
Tubería p59	50	0.00	0.00
Tubería p52	50	0.00	0.00
Tubería p75	50	0.00	0.00
Tubería p12	37.5	0.00	0.00
Tubería p70	37.5	0.00	0.00
Tubería p56	50	0.00	0.00
Tubería p19	50	0.00	0.00
Tubería p80	75	0.00	0.00
Tubería 1	37.5	0.00	0.00
Tubería p34	37.5	0.00	0.00
Tubería p74	50	0.00	0.00
Tubería p3	100	0.00	0.00
Tubería p54	75	0.00	0.00
Tubería p61	50	0.00	0.00
Tubería p48	50	0.00	0.00
Tubería p69	50	0.00	0.00
Tubería p76	50	0.00	0.00
Tubería p16	50	0.00	0.00
Tubería p78	75	0.00	0.00
Tubería p57	37.5	0.00	0.00
Tubería p44	50	0.00	0.00
Tubería p42	75	0.00	0.00
Tubería p47	75	0.00	0.00
Tubería p20	50	0.00	0.00
Tubería p49	50	0.00	0.00
Tubería p24	50	0.00	0.00
Tubería p23	37.5	0.00	0.00
Tubería p63	75	0.00	0.00
Tubería p26	50	0.00	0.00
Tubería 2	75	0.00	0.00
Tubería 3	75	0.00	0.00
Tubería p65	50	0.00	0.00
Tubería p39	50	0.00	0.00
Tubería p32	50	0.00	0.00
Tubería p14	37.5	0.00	0.00
Tubería 5	150	0.00	0.00
Tubería p36	50	0.00	0.00
Tubería p8	75	0.00	0.00
Tubería p21	50	0.00	0.00
Tubería p15	50	0.00	0.00
Tubería p58	50	0.00	0.00
Tubería p79	37.5	0.00	0.00
Tubería p60	50	0.00	0.00
Tubería p37	50	0.00	0.00

CAUDAL = 0			
Tabla de Red - Líneas			
ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p38	75	0.00	0.00
Tubería p13	50	0.00	0.00
Tubería p31	50	0.00	0.00
Tubería p7	100	0.00	0.00
Tubería p9	75	0.00	0.00
Tubería p10	75	0.00	0.00
Tubería p17	100	0.00	0.00
Tubería p22	75	0.00	0.00
Tubería p35	75	0.00	0.00
Tubería p6	100	0.00	0.00
Tubería p27	75	0.00	0.00
Tubería p33	75	0.00	0.00
Tubería p5	75	0.00	0.00
Tubería p4	75	0.00	0.00
Bomba 4	No Disponible	12.19	0.00
Tubería 6	150	12.19	0.69

Fuente: *Epanet*